



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

Princeton University Library



32101 063577876

al - Falas-fah al - Tati^q-yah

الدروس الاولى في الفلسفة الطبيعية

NATURAL PHILOSOPHY.

تأليف
ألن جاكسن

معلمة الفلسفة الطبيعية واللغة الانكليزية في مدرسة البنات السورية
الانجيلية سابقاً

طبعة ثانية
وقف عليها ومثبها المعلم اسعد الشدودي

برخصة مجلس معارف ولاية بيروت الجليلة

المطبعة الامبركانية في بيروت سنة ١٨٩٢ مسيحية

مقدمة

اما بعد فاني لما رأيت المؤلفات في هذا الفن باللغة العربية لا تناسب لتدريس التلامذة كتلميذات المدرسة السورية الانجليزية اما لطول عهدها او لانها قد كُتبت لغاية اخرى كتدريس تلامذة المدرسة الكلية بذلت جهدي في استخلاص بعض الدروس الاولى للتدريس في مدرستنا السورية . ولما عازمت على طبعها اشار علي بعض اهل العلم بتوسيع مباحثها وتكثير موادها لتكون موافقة للتدريس في المدارس ولطالعة الجمهور والعيال . فاستخلصت هذا الكتاب من كتب عديدة مختلفة اللغات ولم استثن منها الكتب العربية ككتاب المعلم اسعد الشدودي في الفلسفة الطبيعية وغيره وجمعت فيه اكثر الاكتشافات والاختراعات العلمية الحديثة . وافرغت جهدي في جعلو بسيطاً سهل المأخذ وإفياً باحتياجات الجمهور مفيداً في تثقيف عقول الطلبة وتنوير اذهانهم وطبعت اكثره تنو بالحرف الكبير وشرحه بالحرف الصغير لتسهيل مراجعته على التلميذ وتوفر فوائده للطالع . وهنا اعترف بوجوب الشكر لجناب المعلم فارس غرب . ع . لانه اخذ بيدي في تأليف هذا

الكتاب وضبط الفاظو

ومعانيه

(RECAP)

2271

505/5
331

(Dunster)

11-14-41
Hutick . Maadeg . 3.02



الباب الاول

في المادّة وصفاتها

المقدّمة

(١) حدود * المادّة (او الهبولى) كل شيء شعريه بجواسنا .
والجسم جزء من المادّة كبيراً كان او صغيراً كالكرسي والقم والنحلة .
والجواهر الفرد او الجواهر جزء صغير جداً من المادّة لا يتجزأ .
والدقيقة اصغر جزء من المادّة يتجزأ بالوسائط العلمية المعروفة
بالميكانيكية . وهي تحتوي على عدد من الجواهر . فالجسم هو ما
تألف من دقائق والدقيقة ما تألفت من جواهر والجواهر اصغر
اجزاء المادّة

مثال ذلك ان الماء في كأس جسم مؤلف من دقائق كثيرة وكل دقيقة
مؤلفة من جوهريين من الهيدروجين وجوهر من الاكسجين

(٢) صفات المادّة * صفات المادّة وتسمى ايضاً خصائصها
نوعان صفات عامّة وصفات خاصّة . فالصفات العامّة هي التي

يشترك فيها كل الاجسام . والصفات الخاصة هي التي يشترك فيها بعضها فقط

مثال الاثنين . إن الذهب جسم ذو ثقل ولون اصفر . فالثقل صفة عامة لانه لا يختص بالذهب فقط بل يوجد فيه وفي بقية الاجسام ايضا . واما اللون الذهبي فصفة خاصة لانه لا يوجد في كل الاجسام بل يختص ببعضها فقط ولا سيما الذهب * مثال آخر . ان لوح الزجاج ذو شكل وقصيف اي سريع الانكسار . فالشكل يوجد في كل جسم وليس في الزجاج فقط فهو صفة عامة واما النصف فيختص ببعض الاجسام فقط ولا سيما الزجاج فهو صفة خاصة وقس على ما ذكر

(٣) تغير المادة * تغير المادة على نوعين تغير طبيعي وتغير كيمائي . فالتغير الطبيعي يلحق صفات المادة العامة والتغير الكيمائي يلحق الخاصة

مثال ذلك . اذا طرقتنا الليرة تنطرق وتغير عن هيئتها فتصير ورقا رقيقا يعرف بورق الذهب ولكن صفاتها الخاصة كاللون وغيره ما سيجي وتبقى غير متغيرة فتغير هيئتها هو التغير الطبيعي . وكذلك اذا صهرناها على النار فانها تذوب وهيئتها تتغير ولكن صفاتها الخاصة تبقى على حالها . ولكن اذا وضعناها في حامض من الحوامض فتذوب و صفاتها الخاصة تتغير . فتغير صفاتها الخاصة هو التغير الكيمائي * مثال آخر . اذا سحبتنا سمارا حتى صار شريطا فصفات الحديد الخاصة لا تتغير . واما اذا وضعناه في الماء فتتغير صفاته الخاصة ويصير احمر لينا قصفا خشنا بالصل كما لا يخفى فالاول هو التغير الطبيعي والثاني هو التغير الكيمائي

فبهذا الاعتبار تقسم العلوم الطبيعية قسمين الفلسفة

الطبيعية والكيمياء . اما الفلسفة الطبيعية فهي علم يبحث فيه عن
تغير المادة تغيراً طبيعياً . واما الكيمياء فهي علم يبحث فيه عن
تغير المادة تغيراً كيمياوياً

مسائل للتمرين * اذا مغنطنا سكيناً حتى تصير ترفع الابرّة أ تكون قد
تغيرت تغيراً طبيعياً أم كيمياوياً . وابن يبحث عن ذلك أي الفلسفة الطبيعية أم في
الكيمياء . اشتعال الفحم تغيراً طبيعياً أم كيمياوياً . وكذلك حدوث البخار . وتكون
الندى . وسقوط الحجارة . ونمو الأشجار . وطيران الطيارات . وقطع الخشب .
وتفريق البارود . وغليان الماء . وذوبان الحديد . وجفاف الاثواب . وجود الماء

الفصل الاول

في صفات المادة العامة

(٤) قلنا ان صفات المادة نوعان عامة وخاصة . اما الخاصة
فسيأتي الكلام عليها واما العامة فلا بد من وجودها في كل جسم
ولا يمكننا ان نتصور المادة بدونها . واشهرها الامتداد وعدم
التداخل والتجزؤ والمسامية والاستمرار والبقاء او عدم الملاشاة .
ولنشرح كلاً منها بالتفصيل

(٥) الامتداد * الامتداد هو كون الجسم يشغل حيزاً اي
فسحة ذات سطوح هي حدود الجسم . ويسمى مقدار الحيز الذي
يملأه الجسم حجماً . ولكل جسم امتداد اي طول وعرض وعمق

وهذه الأمور الثلاثة تُعرف بالقياس . أما القدماء فكانوا يقيسونها
بعضيهم من أعضائهم كالقدم والذراع وطول الأصبع وعرضها وعرض
اليد والشبر وغير ذلك . وأما المتأخرون فاصطنعوا لقياسها
مقاييس مخصوصة أشهرها المقياس الانكليزي والمقياس الفرنسي
(٦) عدم التداخل * عدم التداخل هو كون الجسم لا يشغل
الأجزاء واحداً في وقت واحد . فإذا حل جسم في مكان فلا
يمكن أن يحل جسم آخر في نفس المكان الذي هو فيه

مثال ذلك . إذا وضعنا كتاباً على كرسي فلا يقدر أحد في العالم أن يضع
كتاباً آخر في مكانه وهو فيه . وإذا اردنا أن نملأ قنبلة ماء من قمع في فيها فلا
يمكن أن يتزل الماء إليها أن لم يصعد منها المواد أولاً في فتاقيع . غير أن
البعض قد يتوهمون خلاف ذلك فيزعمون أن المسامير تتداخل في الخشب إذا
دققت فيه النجار وأن الأبرة تتداخل في الفم إذا انغذها فيه النحات . والصواب
أن المسامير لا تتداخل في الخشب بمعنى أنه يشغل وإياه جزءاً واحداً في وقت واحد
بل يبعد من أمامه دقتان الخشب ويثقب لنفسه جزءاً وكلما الأبرة . والبعض
يتوهمون أنه يحصل تداخل إذا انزلنا حصي دقيقة في كأس ملأته ماء ولم ينصب
الماء منها . والصحيح أن سطح الماء يجذب فيشغل بذلك جزءاً عوضاً عن الحيز
الذي شغلته الحصى

(٧) التجزؤ * التجزؤ هو كون الجسم يقبل الانقسام . فمما
كان الجسم صغيراً يمكن قسمته إلى أقسام أصغر منه ويتضح ذلك
من الأمثلة الآتية وهي

أن بعض المناكب تسبح بيوتها بخيوط دقيقة كل منها مؤلف من أربعة

إذا وضعنا قحمة من الستركين ^(١) في ١٧٥٠٠٠ قحمة من الماء شعرنا بطعها في كل قحمة منه . ففي كل قحمة من الماء إذا ١٧٥٠ من قحمة من الستركين وهذا المنقار الصغير يشعريه من يدوغة * وإذا ذوبنا قطعة من النضة بقدر ١ من القيراط المكعب في الحامض التريك . ثم صببناها في مئة قيراط مكعب من الماء واذبنا فيها قليلاً من ملح الطعام يتعكر المذوب ويصير ابيض لبنياً ويبقى هذا اللون ظاهراً للعين ولو في ما يساوي ١ من القيراط المكعب وفي ذلك من النضة ١ فقط من القيراط المكعب ^(٢)

وإذا فحصنا الهباء الذي نراه يسطع في البيوت من ضوء الشمس وجدنا كثيراً منه بزر نبات . فاذا وقع هذا البذر على ارض رطبة نما وتكونت منه

(١) الستركين ضرب من السم وهو كثير الاستعمال في الطب دواء

(٢) يظهر عظم هذا العدد من الفرض الآتي وهو: انه لو ابدأ آدم بعد واحدًا كل ثانية من ساعة خلقت المعبودة الى الآن ما مكثل ربعة . ولو ابدأ هو وحواء معًا في العتة واشغلا ليلًا ونهارًا على المعدل المذكور ما اذا فاعلم الراحة الا بعد مضي نحو عشرة آلاف سنة من الآن فكيف بهذا العدد ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠

العنونة . ثم اذا فحصناها بمكرسكوب رأيناها غابا كثير الاشجار مشتبك الاغصان
حال كون العين وحدها لا تميز شيئا من ذلك

ففي هذه الامثلة ندرك صفة التجزؤ بمجاستي الذوق والبصر فاذا عجزت
حاسة البصر عن ان تدركها مجردة استخدمنا مع العين المكرسكوب كما تقدم .
ويظهر من هذه الامثلة ان هذا التجزؤ لا ينتهي بل ان المادة تقبل الانقسام مها
صغرت اقسامها ولكن رأي الفلاسفة انه وان كان التجزؤ لم ينته بالتجربة فهو
ينتهي في الواقع عند حد معين ويُعرف رأيهم ملأ بالرأي الجوهري

(١) الرأي الجوهري * هو ان المادة مؤلفة من اجزاء على
غاية الصغر تسمى جواهر . وان لكل جوهر منها شكلا ولونا وثقلا
ونحوها وانها تبقى على حالها ابدا فلا يلحقها تغير طبيعي ولا كيميائي .
وهذه الجواهر لم يرها احد ولا برهان قطعي على وجودها ولكنها
توافق العلوم ولا سيما علم الكيمياء ولذلك اجمع العلماء على قبولها
ويُستعان على تصور هذه الجواهر وصغرها بما يأتي . ان بعض الحيوانات
لشدة صغرها لا ترى بالعين ان لم تستعن بالمكرسكوب فان ملايين منها تعيش
في نقطة ماء صغيرة تعلق برأس الابرة مثلا وتمو هناك وتشكاثرو وتموت كما تعيش
حيوانات البر في القنار وحيوانات الماء في البحار . ويسطو بعضها على بعض
ويقاتل ويفترس بعضها بعضا كالكواسر والجوارح . وفي كثيرة الوجود فلما
يخلو منها مستنقع في ايام الصيف . وتصد في البحار الذي يتصاعد عن الماء
بحرارة الشمس وتطير في الجو مع المباء ثم تعيش وتكثر حيثما نزلت ووافقتها
الرطوبة والحرارة . ومع كل صغرهما فقد تفجر منها افواج لا تحصى حتى كون منها
طبقات متمسكة من الصخور الطباشيرية في الارض . فاذا فحصنا تربة طرابلس
التي يُصقل بها رأيناها مؤلفة من هياكل هذه الحيوانات التي لا يساوي وزن

هيكلي منها أكثر من ... ١٨٧ من القشرة وكذلك اذا فحصنا الطبائش
 رأينا مؤلفاً من اصداق دقيقة على غابة الصفر . فالذي يفكر في صغر
 الحيوانات التي كانت عائشة فيها يكاد يعجز عن ادراك اجسامها مجملتها .
 فكيف اذا قبل له ان لكل حيوان منها معدة او أكثر لمضم طعامه والاغلاء به
 وان طعامه لا يدخل الى معدته ولا يقذفه الا بعد ما يدور في اقنية متعددة في
 جسمه . ثم لا يخفى ان طعام هذه الحيوانات مؤلف من دقائق سائلة ودقائق
 جامدة كطعمة باقي الحيوانات فهذه الدقائق هي بالضرورة اصغر من كل ما
 ذكر حتى يكاد صغرها لا يدرك . ولكنها مع ذلك مؤلفة من اجزاء اصغر
 منها وهي الجواهر التي تتألف منها الدقائق كما تقدم

(٩) المسامية * المسامية هي كون الجسم ذا مسام كبيرة كانت
 حتى تراها العين كما في ثقب الخبز والاسفنج والفخار او صغيرة حتى
 لا تراها العين كما انها لا ترى الجواهر . وسبب وجود المسام في
 الاجسام هو ان دقائق الجسم لا تلتصق بعضها ببعض التصاقاً
 تاماً بل يبقى بينها فسحات صغيرة فاصلة بين دقيقة واخرى

(١٠) المسام والجواهر * ان المسام الصغيرة وان تكن لشدة
 صغرها لا ترى بالمكربسكوب فهي اكبر من الجواهر بما لا يقاس .
 فلو تصورنا ان في المسام حيواناً صغيراً جداً جداً بحيث يعيش على
 جوهر من الجواهر كما يعيش انسان منا على الارض . وفرضنا ان
 ذلك الجوهري واقع في وسط حجر لكان الحيوان المشار اليه يرى
 اقرب الجواهر اليه بعيدة جداً عنه كما نرى نحن الشمس والقمر

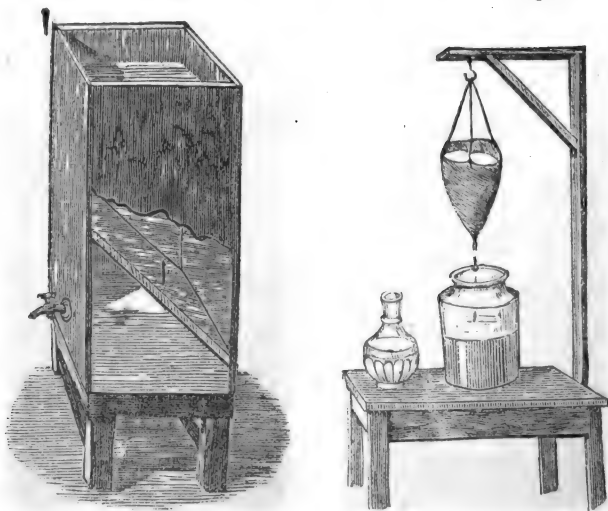
والنجوم وربما كان يحتاج لمعرفة تلك الجواهر نظارات كبيرة كما
نحتاج نحن اليها لمعرفة الأجرام السماوية . فيظهر من ذلك اتساع
المسام بالنسبة الى الجواهر . ونوضح المسامية بالامثلة الآتية

اولاً . اذا ملأنا كأساً ماء يمكن ان نزيدها ملحاً كثيراً بدون ان نشعر
بزيادة حجم الماء وإنما ينبغي ان نزيد الملح شيئاً فشيئاً ليدوب وينفك المواد منه
في فقايع . ثم يمكن بعد هذا ان نزيد كثيراً من دقيق السكر وبعد جسماً
آخر يقبل الذوبان ويبقى الماء قدر ما كان أولاً . والسبب في عدم ازدياد الماء
هو ان دقائق السكر اصغر من دقائق الملح ودقائق الملح اصغر من دقائق الماء
فنحل دقائق الملح في المسام التي بين دقائق الماء ودقائق السكر في المسام التي
بين دقائق الملح . كما اذا ملأنا صحناً برتقالاً فإنه يسع فوقه كثيراً من الحمص وفوق
الحمص مقداراً من الحمص الصغيرة وفوق الحمص رمالاً وفوق الكل قليلاً من الماء
ثانياً . اخذ بعض اهل فلورنسا بايطاليا كرة مجوفة من الذهب وملأها
ماء ثم سدّها سداً محكمًا وضغطها من الخارج فنسطحت قليلاً وصغر حجمها فخرج
الماء من مسامها وتجمّع على سطحها نقطة كقط الندى . فتحقق من ذلك ان
الذهب ذو مسام ومسامة اكبر من دقائق الماء . وكان ذلك في القرن
السابع عشر

ثالثاً . ان الذين يريدون تجربة المدافع الكبيرة يضغطون الماء فيها حتى
يرتشح من مسامها ويصير زبدًا على سطوحها ثم يتجمّع ويقطر عنها
رابعاً . ان الاعمدة الحجرية والناطرات تنضغط احياناً فتفصر اذا كانت تحت
بناء عظيم لزيادة ثقله . قيل ان اعمدة الباثيون^(١) في باريس قد قصرت

(١) الباثيون ومعناها كل الآله اسم لكل بناء مستدير مفرز لعبادة جميع الآله
وقد يطلق الآن على الابنية المستديرة المنزوعة لجميع التديريوت او لغير ذلك . اشتهر
الباثيون الذي بناه اغريبا برومية سنة ٢٥ قبل المسيح

بسبب ما عليها من الثقل
 خامساً. اذا طُهرت النار في الرماد لا تنطفئ لان الرماد ذو مسام فيدخل
 منها ما يكفي من الهواء لاشتعال الفحم اشعاعاً بطيئاً فلا ينطفئ
 سادساً. ان الكياوين والصيدلة والعطارين وغيرهم يتفنون بالمسامية في
 ترشيح المواد وتصنيفها لان المرشحة لا تصلح الا اذا كانت ذات مسام كما هو معروف.
 فيوضع فيها السائل المراد تصفيه فتزل دقائقه من مسامها ويبقى فيها المواد
 الجامدة كالعكرو ونحوه. وعلى هذه الكيفية يصفو الماء في الطبيعة من الاكثار والاقذار
 لانه يتخلل الحصى والرمال وينفذ من الخلايا التي بينها نقياً صافياً . وعلى هذه
 الكيفية ايضاً يصفون الماء في الحياض فانهم يسمون الحوض في الوسط ويضعون
 في الجانب الواحد رملًا ونحماً وفي الجانب الآخر الماء فيجري الماء من خلال
 الرمل والفحم ويتنقى . وهكذا تصنع المراشح الصغيرة ايضاً وفي عبارة عن صندوق
 يملأ حصى ونحماً الا قليلاً منه وفي اعلاه وعاء يصب فيه الماء فينخلب الى اسفل
 الصندوق ويخرج من هناك مجففة كما نرى في الشكل الاول



الشكل ١

سابعاً . ان الغازات اجسام ذات مسام كما يظهر من انا اذا ملاناوعاء غازاً من الغازات فالوعاء يبع غازاً غيره ايضاً وهو ملآن كأن الغاز الأول غير موجود . وسبب ذلك هو ان دقائق الغاز الثاني تدخل بين دقائق الغاز الأول ونستقر هناك وهذا معنى قولم "الغاز الواحد فراغ للآخر"

(١١) الاستمرار * الاستمرار هو بقاء المادة على حال واحدة من الحركة او السكون لانها لا تقدر من نفسها ان تتحرك اذا كانت ساكنة ولا ان تسكن اذا كانت متحركة . فاذا تركنا كتاباً في مكان ثم رجعنا ولم نجد علمنا ان شخصاً اخذه من مكانه لانه لا يقدر ان ينتقل من ذاته . وكذلك اذا رمينا حجراً فالحجري يبقى متحركاً الى الابد ان لم يعرض له ما يوقفه عن حركته . على ان من لم يتفكر في ذلك يظن ان كل الاجسام من طبعها السكون فاذا قيل له ان الكتاب لا ينتقل من نفسه بل يبقى ساكناً سلم بديهياً واما اذا قيل له ان الحجر يبقى متحركاً الى الابد اذا لم يوقفه شيء آخر استصعب تصديقه ذلك لان المشاهدة تدله على ان الحجر يسكن بعدما يتحرك . والصواب ان الحجر لا يسكن الا لاسباب تقاومه عن الحركة كما سيأتي مفصلاً . وينضح الاستمرار بالامثلة الآتية

اولاً . اذا كانت عربة ساكنة و اردنا ان نمشيها لنزم لذلك قوة عظيمة حتى يتغلب استمرارها على السكون ولكن اذا تحركت لم يعد يلزم لتمشيتها كل تلك القوة . واذا اردنا ان نوقفها وهي جارية لنزمن ان نبذل لذلك من القوة ما بذلناه لتمشيتها وهي ساكنة

ثانياً . اذا كانت عربة جارية وقفز منها انسان يخشى عليه ان يضر نفسه وذلك لان سرعة جسده تكون كسرعة العربة بسبب الاستمرار فتى لامست قدماه الارض تنفان واما جسده فيبقى مسرعاً سرعة العربة فيقع . ولذلك لا يأمن الانسان ضرر القفز الا اذا قفز الى الجهة الجارية اليها العربة ولم يقف عندما تلامس قدماه الارض بل يركض قليلاً حتى يتغلب على استمرار جسده فيدور حينئذ كيف شاء

ثالثاً . اذا نفضنا ثوباً من الغبار يُبعد الثوب بفتة بحركة النفث السريعة عن دقائق الغبار الملتصقة به وتبقى دقائق الغبار في موضعها بسبب استمرارها على السكون فتتفصل عنه . وكذلك اذا اردنا ان نفث كتاباً فنضربه بأخر فيتحرك هو وما عليه من الغبار حركة سريعة ثم انه يقف بالامسة الكتاب الآخر له واما الغبار فيبقى متحركاً بالاستمرار فينفصل عنه

مسائل للتمرين * اذا ركض فارس بفارس ثم وقف بفتة فالى اى جهة يسقط الفارس . اذا وقفنا في قارب فلماذا نميل الى الورا عندما يبتدئ القارب في السير . اذا طاردنا مطارد فلماذا يتجومن بالتعرج عن جهة الركض . اذا دارت عربة بزاوية فلماذا يخشى انقلابها . اذا وضعت كرتونة على اصبعك ووضعت على الكرتونة درهماً يمكنك ان تدفع الكرتونة ويبقى الدرهم على اصبعك فاعلil ذلك . لماذا لا يبنى ما على راحة الخباز من الخبز في فرن النار اذا ادخلها الى الفرن ثم يحبها بسرعة . اذا اردنا ان تنفث قفزاً كبيراً فلماذا نطيل الجري قبله . اذا ركبت فرساً فكيف نميل عندما تركضه او توقفه او تديره في دائرة

(١٢) البقاء او عدم الملائشة * هو كون المادة لا تنفى الأ بأمر خالقها فهم فعلنا بها لانلاشيها وانما نغيرها من صورة الى اخرى . فاذا قطعنا شجرة مثلاً ثم نشرناها الواحاً وبنينا من الالواح

بيتاً فاحترق البيت ولم يبق منه إلا الرماد لا تنفى المادة^(١) بل تبقى
جواهرها نفسها في الرماد وما تصاعد عنه من الدخان وغيره ولا
تغير تلك الجواهر لوناً ولا ثقلاً خلافاً للقدماء فانهم كانوا يزعمون
ان الجسم اذا احترق يتلاشى بعض مادته حتى اوضح فساد ذلك
الفيلسوف لا فوازي بأن حرق جسمًا وجمع كل ما تطاير عنه وما
بقي منه ووزنه فلم يجد فيه نقصاً

(١٢) الانضغاط * هو تضيق المسامية اي تقرب دقائق
الجسم بواسطة ضغط بعضها الى بعض حتى تصغر الفسح بينها فلا
انضغاط بدون مسامية فهو دليل عليها وتمتاز به الغازات لانها
تنضغط أكثر من الجوامد والسوائل . واما الجوامد فيلزم
انضغاطها قوة اشد من القوة التي تنضغط بها الغازات . واما
السوائل فلا تكاد تنضغط على الاطلاق ولذلك انكر الناس
انضغاطها زماناً طويلاً . وهي وإن كانت تنضغط لم يقدر الانسان
ان يستخدم انضغاطها لعمل من الاعمال

(١٤) الثقل * هو صفة من صفات المادة العامة ولكنه

(١) يحكى ان السروان والي كان ذات يوم يدخن عند الصبايات ملكة الانكليز
فقال لها الي اشارط على معرفة ثقل هذا الدخان الصاعد عن غليونك فشارطته على ذلك
فلما فرغ وزن ما بقي في غليون من الرماد وطرحه من وزن التبغ الذي وضعه في غليون
فبقي وزن الدخان . قبل فاقامت الملكة بما تمهدت به فرحة بانها قد تعلمت شيئاً عن البقاء

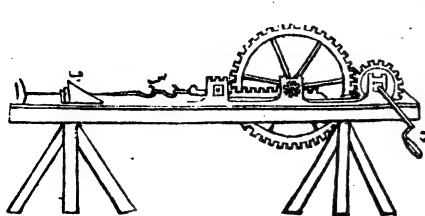
ليس لازماً لها اذ يمكننا ان نتصور مادة لا ثقل لها . وهو نتيجة
 المجاذبية فلولاها لم يكن للاجسام ثقل ولو كان في الكون جسم
 واحد فقط ما كان له ثقل لعدم وجود ما يجذبه
 الى جهة من الجهات وسيوضح ذلك
 بالتفصيل ان شاء
 الله

الفصل الثاني

في صفات المادة الخاصة

(١٥) اننا تكلمنا في ما سبق عن اشهر صفات المادة العامة والآن نتكلم عن صفاتها الخاصة فنقول . الصفات الخاصة هي التي تخص بعض الاجسام دون البعض الآخر . واشهرها الانسحاب والانطراق والصلابة والمرونة والتساوة والانقسام . وكلها حاصلة من تكيف جاذبية الملاصقة تكيفات شتى . وسيأتي الكلام على جاذبية الملاصقة

(١٦) الانسحاب * هو كون الجسم ينسحب شريطاً وهذه صورة آلة اسحب الحديد شريطاً



الشكل ٢

فالحرف ب يدل على صورة صفيحة من الفولاذ مثقوبة ثقوباً لتتناقص في الاتساع بالدرجج . والحرف ا على

صورة قضيب من الحديد مرأس من احد طرفيه حتى يدخل في الثقوب . وبعد دخوله يمسك بكلايين س ويدار الدولاب بالمتبض د فيسحب الكلابان القضيب فيستدق ويستطيل . ثم يدخل في ثقب اضيقت من الثقب الاول ويسحب كما تسحب اولاً . ثم يدخل في ثقب آخر اضيقت من هذا ولم يجرأ حتى

يصير في الثمن المطلوب . وتختلف سرعة السحب من قدم الى ست اقدم في الثانية حسبها يراد شكل الشريط ونوعه وتدهن الثقوب جيئاً بدهن او شم . وبعد ما ينسحب النضيب بضع مرات يقل انسحابه فيلین باحاته في الكور ثم يترك ليبرد رويداً فيصير شريطاً . وكلما ازداد الحديد سخياً زاد صلابة فاذا كان قضيب منه مقطوعه ربع قيراط مربع يجل مئة وعشرين قنطاراً فاذا انسحب شريطاً غليظاً حمل مئة وستين قنطاراً واذا انسحب شريطاً دقيقاً حمل ثلاث مئة وستين قنطاراً

واعلم ان الذهب والنفضة والبلاتين^(١) اقبل المعادن انسحاباً . فاذا لبسنا قضيباً من النفضة غلظه قيراط ورقي الذهب ينسحب حتى يصير دقيقاً كالشعرة ويبقى الذهب عليه منسحباً منه . وعلى ما تقدم يمكن ان ينسحب ٢٦ درهماً من الذهب حتى يذهب بها طول مئة ميل من خيوط النفضة او النحاس المذهبة التي يطرز بها . ومع ان البلاتين اقل من الحديد نحو ثلاث مرات ينسحب شريطاً دقيقاً الى الغاية حتى تبلغ القمحة منه طول مئة ميل . والنحاس ينسحب كثيراً ايضاً فانهم ينسحبون من شريطه نسيجاً كالشبك دقيقاً جداً بحيث يكون فيه سبعة وستون الف خرب في مساحة قيراط مربع

(١٧) الانطراق * هو كون الجسم قابلاً للتطريق والتصفيع .

واشد المعادن انطراقاً الذهب فانه ينطرق حتى يصير رقيقاً كالورق ويعرف حينئذ بورق الذهب وهذه طريقة اصطناعه تؤخذ سبيكة من الذهب وتكرر مراراً كثيرة بين اسطوأتين من النولاد تدوران قريبتين احدهما من الاخرى فاذا كان وزن السبيكة اثني عشر درهماً تنطرق حتى يصير عرضها قيراطاً وطولها خمس عشرة قدماً . ثم تنص قطعاً طول النطلة منها قيراط ويؤخذ منها مئة وخمسون قطعة وتوضع مع قطع من

(١) البلاتين معدن ابيض اللون كالنفضة وموائيل جميع المعادن واقسى من الحديد

الورق الشديد مساحة القطعة اربعة قراريط مربعة بحيث تلي كل قطعة من الذهب قطعة من الورق . وبعد ذلك تخبط خبطين شديداً بمطرقة ثقيلة حتى تنطرق قطع الذهب وتصبح كقطعة الورق في الاتساع ، فنفرز من بين الورق ونُقَصُّ كل قطعة منها الى اربعة اقسام فتصير ٦٠٠ قطعة . ثم نوضع كلها في جلد يستعمل طارفو الذهب ونخبط ثانية ونُنشر بالنفس عليها ونُقَصُّ ايضاً كل قطعة منها الى اربعة اقسام فتصير ٢٤٠٠ قطعة . ثم نؤخذ هذه ونخبط ثالثة ونُخْرِج ونُنشر ونُقَصُّ وهكذا حتى يصير سمك ٢٦٠٠٠ ورقة منها معاً قيراطاً واحداً . فتسوى حينئذ وتوضع خمساً وعشرين خمساً وعشرين بين اوراق كتب صغيرة * ومن الاجسام المنطرفة جداً النحاس الاحمر فان النحاس يصطلع مغرفة مجوفة محكمة بتطريق كتلة غليظة منه

(١٨) الصلابة * هي كون الجسم يعسر تفريق اتصاله او مطئه . واصلب المعادن الحديد فان شريطة منه قطرها ٧٨ . من القيراط تحمل ثقل ٤٥٠ ليبرا فلو بدلنا شريط الحديد بشريط رصاص من ثخنه لانتقطع بثقل ٢٨ ليبرا فقط

(١٩) المرونة * هي رجوع الجسم الى حالته الاصلية بعدما يكون مضغوطاً او ممطوطاً او مفتولاً فهي على ثلاثة انواع مرونة الضغط ومرونة المط و مرونة الثقل . ولنشرح هذه الثلاثة الانواع بالتفصيل

(٢٠) مرونة الضغط * اولاً . ان كثيراً من الجوامد تظهر مرونة الضغط فيه بوضوح تام فمن ذلك سيف عُرِض في معرض بلندن كان يلتوي حتى مس رأسه مقبضة ولا ينصف ويرجع معتبياً كما كان حالما يرفع الضغط عنه .

ومن ذلك العاج ونظير مروته مكلًا : اذ من سطحًا صفيلاً مستويًا من الرخام بزيت ثم ارم عليه كرة من العاج فتترك الكرة اثر ملبستها على سطح الرخام ومما الأثر يتسع كلما زيد العلو الذي تُرمى الكرة منه . وذلك دليل على ان كرة العاج تنضغط عندما تمس الرخام فتتسطح كما تتسطح طابة الهواء اذا اصابته حائطًا او نحوه ثم ترجع بالمرونة الى حالتها الاصلية فتندفع عن سطح الرخام كما تندفع الطابة راجعة عن الحائط . اما اللاقونة والدلفان والعجين ونحوهما فقليلة المرونة .

ثانيًا . ان السائلات لا تنضغط الا بصعوبة كلية^(١) ولكن اذا ارتفع الضغط عنها ترجع الى حالها الاولى فهي اذا مرنة قليلاً

ثالثًا . ان الغازات تنضغط بسهولة وهي تامة المرونة . فاذا ضغطت جسم سطح الماء وكان ضغطه لكل فيرط مربع من الماء يساوي ثقل ١٥ ليبرا لا يصغر حجم الماء الا $\frac{1}{30000}$ منه فقط واما اذا انتقل ذلك الضغط الى غاز فان حجمه يصغر الى نصف ما كان اولًا . ويمكن ان يترك الغاز سنين منضغطاً ثم يرجع كما كان حالما يرفع الضغط عنه

(٢١) مرونة المط * هذه تُشاهد كثيراً في الجوامد وقليلًا في السائلات ولا وجود لها في الغازات . مثالها في الجوامد . اذا مطّ المقيط وترك يرجع حالاً كما كان واذا لم يترك يبقى شاذًا طالبا الرجوع الى ما كان عليه . الا انه هو وبقية الجوامد اذا مطّت زمانًا طويلاً تنقد مرونتها شيئاً فشيئاً واذلك برخي الموسيقيون اوتار آلاتهم اذا لم يريدوا ان يضربوا عليها فلا ترتخي * ومثالها في

(١) ويتضح ذلك من الجدول الآتي وهو عبارة عن انضغاط السائلات المذكورة فيه تحت هواء ثقله ١٥ ليبرا على كل فيرط مربع

الماء	$\frac{0.000000}{1.000000}$	الايثر	$\frac{0.000000}{1.000000}$	الكلورفورم	$\frac{0.000000}{1.000000}$
الزئبق	$\frac{0.000000}{1.000000}$	الكلور	$\frac{0.000000}{1.000000}$	ماء البحر	$\frac{0.000000}{1.000000}$

السائلات . اذا كان على فم قنبنة نقطة ماء ومستمناها بقضيب من الزجاج تمط قليلاً ثم اذا تركناها ترجع بالمرونة نقطة مستديرة كما كانت . واما الغازات فلا يظهر فيها شيء من ذلك

(٢٢) مرونة الفتل * هي صفة لبعض الاجسام بها يرجع الحيط الى حاله الأولى بعد فتله وكذلك الشريط بعد ليو . وهي كثيرة المنفعة في العلوم الطبيعية لانها دقيقة النجاس فتقاس بها بعض القوى بدقة عظيمة كما سيذكر في باب الكهربية

(٢٣) الفساقه * هي كون الجسم لا يذعن للضغط الا بصعوبة فيقال عن جسم انه اقسى من غيره اذا كان يخدشه او ياكل منه . والفساقه لا تتوقف على الكثافة^(١) فالذهب مثلاً اكدف من الحديد ولكن الحديد اقسى من الذهب والزئبق اكدف من الحديد ضعفين مع ان الزئبق سائل والحديد جامد

(٢٤) الانصاف * هو كون الجسم سهل الكسر وكثيراً ما يكون في الاجسام الفاسية كالزجاج فانه يخدش الحديد ولكنه سهل الكسر جداً

— ١٠٨٤ —

(١) الكثافة هي مقدار المادة في جرم . مفروض فيقال ان هذا الجسم كثيف اذا كانت مادته كثيرة ودقائمه محشودة مقاربة . وهذه اللطيف ومما يقال غالباً عن الغازات كما ستعلم



الباب الثاني

في المجاذبة

الفصل الاول

في قوَّتي الجذب والدفع بين الدقائق

(٢٥) نُسِّي هاتان القوتان^(١) بقوَّتي الدقائق لانها توجدان في دقائق المادة وتفعلان على ابعاد لا يُشعر بها لصغرهما كما يتضح مما يأتي: اذا اردنا ان نكسر حديدة تعسر علينا ذلك لان بين دقائقها قوَّة تمسكها بعضها ببعض بحيث تبقى متلاصقة وتقاوم قوتنا . وكذلك اذا اردنا ان نضغطها وجدنا ان بين دقائقها قوَّة تبعدها بعضها عن بعض وتقاوم قوتنا مع ان انضغاطها ممكن لا بتعداد دقائقها بعضها عن بعض بسبب المسام التي بينها . فيُستنتج من ذلك ان بين دقائق المادة قوتين متضادتين اخلاهما تجذب

(١) القوة في ما يحدث الحركة او يطلها كما سيحي

الدقائق بعضها نحو بعض وتسمى قوة الجذب والآخرى تدفعها بعضها عن بعض وتسمى قوة الدفع. اما قوة الدفع فتقوى بالحرارة لاننا اذا سخنا ثلجة مثلاً فقوة الجذب تنقص بين دقائقها وقوة الدفع تزايد حتى تصير الثلجة ماء اى حتى يصير الجامد سائلاً وشغاب قوة الدفع بزيادة الحرارة حتى يصير ذلك الماء بخاراً. ثم اذا ابطنا الحرارة وبرد البخار يصير ماء ثم ثلجاً فيرجع جامداً كما كان

(٢٦) قوة الجذب * واما قوة الجذب فعلى ثلاثة انواع جاذبية الملاصقة وجاذبية الالتصاق والالنة الكيماوية. اما الالنة الكيماوية فتغير الاجسام تغييراً كيماوياً والبحث عنها يختص بعلم الكيمياء فلا نتعرض لها هنا. واما جاذبية الملاصقة فهي القوة التي بها تلتصق دقائق نوع واحد فقط من المادة بعضها ببعض وبها يتعلق ما يأتي. واما جاذبية الالتصاق فسيأتي الكلام عليها

(٢٧) حالات المادة الثلاث * المادة اما جامدة او سائلة او غازية^(١). وهذه الحالات الثلاث تتوقف على قوة الجذب وقوة الدفع وبعبارة اخص على جاذبية الملاصقة والحرارة. فذا كانت قوة الجذب اشد من قوة الدفع في جسم فذلك الجسم جامد.

(١) في اواسط سنة ١٨٧٩ جرب كروكس الانكليزي تجارب عديدة امام المجمع الملكي لتبرالي وجرد حال رابطة للاجسام وراه الفارسية

وإذا كانت قوة الجذب مساوية تقريباً لقوة الدفع فالجسم سائل
وإذا كانت قوة الجذب أضعف من قوة الدفع فالجسم غازي.
وكل الأجسام يمكن أن تتحول من حال إلى أخرى من هذه الحالات
الثلاث "فاذا سخنا جسماً جامداً كالثلج تحول إلى ماء أي إلى سائل
ثم إلى بخار أي إلى غاز. وبالعكس اذا بردنا البخار تحول إلى ماء
ثم إلى ثلج. وأكثر الجوامد يتحول بسهولة إلى السيولة وبعضها يتحول
غازاً بدون أن يتحول إلى السيولة قبلاً

(٢٨) ان جاذبية الملاصقة تفعل على ابعاد لا يشعر بها
ويتضح ذلك من الامثلة الآتية

اذا اخذنا رصاصتين وقصصناهما حتى نسطحنا ثم ضغطنا الواحدة على
الآخرى وادرناهما عليها قليلاً نرى انهما تلتصقان عند ما تقترب دقائقهما بعضها
إلى بعض وتظهر تماساً. فالتصاق الرصاصتين لا يحدث إلا بجاذبية الملاصقة
التي بين دقائقهما * وكذلك اذا اتفق ان لوح زجاج وقع على لوح آخر فقد
يلتصقان احدهما بالآخر بجاذبية الملاصقة فيقطعها الزجاج ويصقلها معاً كأنها
لوح واحد * واذا قربنا نقطتين من الزئبق احدهما إلى الأخرى تبقيان منفصلتين
حتى نماساً فحينئذ نلتصقان حالاً وتصيران نقطة واحدة * واذا قشرنا قطعتي
مغيط واحبناهما قليلاً ثم ضغطنا الواحدة على الأخرى نلتصقان وتصيران قطعة واحدة
(٢٩) لم الحديد * ويتضح ذلك ايضاً من لحم الحديد . فاذا انصف

(١) لم يتحول غاز الأكسجين والهيدروجين والنيتروجين إلى حالة السهولة إلا في أواخر
كانون الثاني سنة ١٨٧٧ بتجارب مكثي السويسري وكليتي الفرنسيين فثبت بالتجربة ان
كل الأجسام قابلة للتحويل من حال إلى حال

قضب من الحديد بيد الحداد وأراد ان يلحمه بحبيو من طرفي الكسر الى درجة
البياض اي حتى يبيض من شدة الحرارة فبذلك تضعف جاذبية الملاصقة
فيسهل على الدقائق ان تتحرك بعضها على بعض . ثم يضع احد الطرفين على
الآخر وبطرفها بمطرقة ثقيلة الى ان تتقارب الدقائق وتصبح جاذبية الملاصقة
فيها قادرة على ربطها معا فيلحم النضيب ويرجع قطعة واحدة كما كان . ولا يلزم
كالحديد الا البلاطين لان غيرهما من المعادن اذا اُحس بدوب قبل ان يبلغ
درجة البياض واما الزجاج فيلحم مثلها وكذلك الكوتا برخا^(١) اذا سُخِّن في الماء
كما يفعل صناع اسنان العارية والعجين والشمع والزبدة ونحوهما من الاجسام .

(٣٠) السائلات نتجّع في اشكال كروية * امزج ماء بالكحول
فاذا القيت في مزيجها نقطة من الزيت ثبتت في وسطه .
فحينئذ لا تجذب الارض نقطة الزيت بل دقائق النقطة تتجاذب
فتتحرك وتترتب بحيث يصير شكلها كرويا . وكل السائلات نتجّع
في نط مستديرة اذا تركت لنفسها كما يشاهد في قطرات الندى
والمطر والزئبق وفي عمل الخردق وما اشبه . وسبب ذلك هو ان

(١) الكوتا برخا جسم كاللصيق يصنع من عصر بعض الاشجار وهو كثير الاستعمال
على صورة انابيب لجر الماء الى غرف البيوت ونحو ذلك

(٢) الخردق مركب من نحو جزء واحد من الزرنخ لكل ثمة جزء من الرصاص .
ويصنع في ابراج علو بعضها نحو مئتين وخمسين قدما . وكيفية عملها انهم يذبون المركب
على راس البرج ثم يصبونه في مصاف فينزل من ثنوبها ويتجمع ثقلا مستديرة ويجمد وهو
نازل وينع في يرماء صنعت لتلقاه بعد نزوله حتى لا يصطدم بمجر جامد فتتغير
كروية ولا يبرد فيها . ثم يخرجونه منها ويضعونه في اسطوانة دائرية مثقوبة ثنوبا متفاوتة
في الصغر والكبر فينزل الصدير من ثنوبها للصغار والذي اكبر منه من ثنوب اوسع
وهكلا يجمع انواعا انواعا . ثم يضعونه مع الرصاص الاسود على دولاب سرعة الدوران

جاذبية الملاصقة تجذب الدقائق الى جهة مركز النقطة فلا تزال الدقائق تتحرك حتى ترتب على صورة كرة لانه حينئذ تتساوى جاذبية الملاصقة على دقائقها السطحية اذ الجسم الكروي يكون كل جزء من سطحه على بعد واحد من مركزه

(٢١) الجوامد تكون بلورات قياسية * اذا تحول جسم سائل الى جسم جامد اتخذ على الغالب شكلاً منتظماً لان جاذبية الملاصقة لا تترك دقائقه تتجمع بعضها على بعض بل ترتبها وتجمعها في اشكال هندسية على غاية الجمال والاتقان . وتعرف هذه الاشكال بالبلورات ويعرف تحول الجسم السائل اليها بالتبلور . ثم ان كل نوع من المادة له بلورات ذات شكل وزوايا خاصة به فبعض المادة بلوراته طويلة دقيقة كالابر وزواياها صغيرة والبعض الآخر بلوراته مكعبة وهلم جرا . ومن النظر الى اشكال هذه البلورات وزواياها يعرف نوع مادتها فلو ذوّبت اجسام مختلفة في وعاء واحد ثم جمدت وتبلورت لا يمكن فاحص بلوراتها ان يعرف تلك الاجسام باخباره السابق من دون ان يكون قد

فيمتلك الرصاص فيصفى . ثم يدرجونه على سطوح مائلة موضوعة قريبة بعضها من بعض فاذا كانت المخرقة محكمة الاستدارة فنزت من سطح الى آخر والافصرت عن ذلك . وقد يدرجونها على سطح واحد مائل فالمستديرة تندرج الى اسفل والبقية تندرج عن جوانبها فلا تبلغ اسفله

علم بوجودها في المذوّب . ومن يتأمل في حسن اشكال هذه البلورات ودقة صنعها وكمال اتقانها ورونتها بحجار عقله ما فيها من حسن الذوق واحكام العمل ويقر بعجزه . ألا ترى بهاء الماس والعقيق والياقوت وسائر الحجارة الكريمة فهذه كلها بلورات صاغتها الطبيعة بأمر بارئها على مثال الحسن والاحكام . ومثلها رفع الثلج والصقيع فان الانسان اذا نظر الثلج على الارض متغلظاً متلبداً حسبه بلا شكل ولا ترتيب ولكنه اذا امعن النظر فيه وجد مؤلفاً من بلورات متعددة الاشكال غريبة التركيب على غاية الاتقان والترتيب . وكذلك من يراقب سطح الماء وهو يجهد يرى البلورات فيه تتو من جوانب الوعاء مرتبة في اشكال حسنة . واكثر تراب الارض مؤلف من بلورات متكسرة او متخللة من تأثير الماء والصقيع ونحوها في صخورها

ومن رام ان يراقب البلورات ليعرف كيفية تكونها معرفة واضحة فعليه ان يصطنعها بنفسه . فمن جملة الطرق التي تصنع بها ان يضاف الشب الى الماء الساخن حتى لا يعود يذوب شي منه في الماء ثم يد على وجه الوعاء خيوط من جانب الى جانب ويترك الماء حتى يبرد . فتتكون حينئذ بلورات جميلة ذات ثمانية اجناب على الخيوط وجوانب الوعاء . وكلما طال مدة التبلور كانت

البلورات اكبر . وعلى ذلك تكون البلورات الكبيرة التي تكوَّنت في الطبيعة قديمة العهد جداً . واما بعض الاجسام فتجهد ولا تبلور كالزجاج والشمع ونحوها

(٢٢) ان نفسية المعادن (السقي) وتليينها يوضحان خاصّة عجيبة من خصائص جاذبيّة الملاصقة فاذا احمينا حديد ثم غططناها في الزيت او الماء تصير قاسية قصفة . وبالعكس اذا احميناها وبرّناها تدريجاً فانها تصير لينّة لدنة^(١) ومن الغريب ان النحاس الاحمر يصير قاسياً قصفاً بما يصير به الحديد ليناً لدناً وبالعكس . والمظنون ان ترتب دقائق المعادن وقوّتها الناجمة عن ذاك الترتب يتوقّفان على المدة التي يبرد المعدن فيها . اما الفولاذ فيقتسّى باحائه الى درجة البياض وتبريده سريعاً ثم يلبّن باحائه وتبريده تدريجاً وكلما زاد احماءه زادت ليونته

(٢٣) نقط رُوْبِرْت * هي نقط من الزجاج الذائب تُقطر في الماء فتبرد بسرعة ويجهد خارجها متبلوراً تبلوراً قياسياً . واما باطنها فاذا لايجد مكاناً ليندّد فيه يضغط خارجها ولكنه لا يتندر ان يشقّ لانه يكون قد تصلّب بحيث لا ينكسر ولو طُرّق بمطرقة فاذا كُسِر قسمٌ صغير من ذيلها تكسّرت كلها وتطايرت قطعاً

(١) مراد باللين هنا خلاف القاسي وباللّدن خلاف التصف

صغاراً

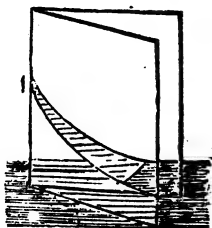
(٢٤) مسائل للتمرين * (١) لماذا لا تقدر ان نغم قطعة جديد وقطعة نحاس معاً. (٢) لماذا يكون قضيب الحديد اقوى من قضيب الخشب (٣) اذا لحمت قطعة من الحديد جيداً فلماذا تصير اقوى مما كانت قبلما انقسمت (٤) لماذا تكون نقط سوائل مختلفة متفاوتة الحجم. (٥) اذا صببت الدواء نقطاً فلماذا تكون النقط الاخيرة الباقية في النبتة اكبر ما سواها. (٦) لماذا تكون النقط اكبر اذا نزلت رويداً رويداً. (٧) لماذا تكون الانبوبة اقوى من قضيب مُصَمَّت وزنه كوزنها. (٨) اذا ذُوبت قطع من الرصاص معاً فلماذا تصير كلها قطعة واحدة جامدة عند ما تبرد. (٩) ما هي السوائل التي تكون جاذبية الملاصقة فيها اعظم مما هي في غيرها. (١٠) اذكر بعض الجوامد التي تطاير بدون ان تذوب

(٢٥) جاذبية الالتصاق * هي القوة التي تلتصق بها دقائق انواع مختلفة من المادّة بعضها ببعض لادقائق نوع واحد^(١). مثال ذلك اننا نلتصق قطعتين من الخشب احدهما بالآخرى بواسطة الغراء وقطعتين من الصيني بواسطة الملاط وقطعتين من الفرميد بواسطة الطين وقطعتين من النضّة بواسطة اللحم وقطعة من الزجاج واخرى من الخشب بواسطة اللاقونة والورق بالحائط بواسطة الصمغ. وكل ذلك بسبب جاذبيّة الالتصاق وبها ايضاً يلصق الدهان بالخشب والغبار بالحائط والطباشير باللوح

(١) فالرقق بينها وبين جاذبية الملاصقة انها تعمل في انواع مختلفة من المادّة وجاذبية الملاصقة تعمل في نوع واحد فقط

هذا وقد مر معنا ان الماء يتنقى من الاكدار بمروره في الفم
 فرما كان ذلك لسبب ان جاذبية الالتصاق بين الاكدار والفم
 اشد مما هي بينها وبين الماء * اذا نفخنا رغوة الصابون تكونت منها
 فقائع فالماء الذي يكون هذه الفقائع يتجمع في قشرة رقيقة مغلقة
 للفقاعة لان الصابون يضمه بعضه الى بعض بواسطة قوة الالتصاق
 التي فيه

٢٦ الجاذبية الشعرية * هي نوع من جاذبية الالتصاق .



الشكل ٢

وتظهر جيدا في الماء اذا وُضع فيه لوحان من
 الزجاج فانه يرتفع بينهما كما ترى في الشكل ٢
 ولكنها تظهر باجلى وضوح في الانابيب
 الدقيقة كالشعر^(١) ومن ذلك تسميتها بالجاذبية
 الشعرية ولنوضحها الآن بالامثلة الآتية



الشكل ٤

اولا اذا وضعنا انبوبة صغيرة من الزجاج في الماء
 ارتفع الماء فيها كما ترى في الشكل ٤ وذلك لان جاذبية
 الالتصاق بين دقائق الزجاج والماء اشد من جاذبية
 الملاصقة بين دقائق الماء . فالماء يرتفع في انبوبة الزجاج
 بقوة التجاذب بينه وبينها . وكلما كانت الانابيب ادق زاد
 ارتفاع الماء فيها

(١) هذه الانابيب تصنع من انايب الزجاج باحاثها على الفندول الكحولي ومدها
 فتمت قدر ما يراد



الشكل هـ

ثانياً اذا وضعنا انبوبة من الزجاج في كأس تحوي
زيتاً مخفض الزيت فيهما عن مساواة سطحو في الكأس كما
تري في الشكل هـ وذلك لان جاذبية الالتصاق بين
دقائق الزيت ودقائق الزجاج هي اضعف من جاذبية
الملاصقة بين دقائق الزيت . فيين دقائق الزجاج
والزيت تتألف لا تجاذب

ثالثاً ان فتائل السرج والشموع هي حرم من الخيوط او الانابيب الشعرية
التي يصعد فيها الزيت او الدهن او نحوهما ويشتمل فلذلك تحتاج القناديل
التي تولى الى اقماع تغطي فتائلها عند ما لا يراد اشعالها ولا يتصاعد الكحول الى
رؤوس الفتائل ويتطاير عنها حتى لا يبقى منه شيء في القنديل

رابعاً اذا غمس طرف منشفة في الماء تبطل بعد برهة بسيرة بسبب صعود
الماء في اليافها الدقيقة بالجاذبية الشعرية وعلى هذا الحكم ينشف الانسان جسده
بعد الاغتسال اذ يلقه بمنشف او بمنشف او بمنشف او بمنشف لكي تمتص الرطوبة
عنه بالجاذبية الشعرية

خامساً الورق النشاف يمتص الحبر بواسطة الانابيب الشعرية التي فيه
سادساً اذا صب الماء في وعاء مغروس فيه شجرة او ريحانة صعد من
مسام التراب ودخل الغرس بالجاذبية الشعرية

سابعاً بالجاذبية الشعرية يصعد الماء في الارض الى سطحها حيث يبل
جذور النبات ويهيئ لها طعامها بتدويره الاجسام التي تغذي بها . واذا اكتسى
سطح الارض جليداً في الشتاء فالماء يصعد بجاري عاداته ويحول الى جليد وفي
فصل الربيع يذوب ويبل التراب فيصبره وحلاً . ولذلك قد تكثر الاحوال
في الاماكن التي ينزل عليها قليل من الثلج او المطر * هذا ولا يخفى ان حرث
الارض يحفظها من الجفاف لان السكة تخلخل التراب فتكبر المسام الشعرية

ونقل صعود الماء الى سطح الارض اذ الجاذبية الشعرية تنقص كلما زاد اتساع المسام

ثامناً ان الحبال اذا امتصت الماء بالجاذبية الشعرية تنخن وتنصرف اذا كانت حبال الغسيل مشدودة فتد تنقطع عندما تمطر السماء عليها . وقد يتقلص بعض الحبال بشدة وقوة فيرفع اثقالاً عظيمة^(١)

ناسماً ان البيوت تصير رطبة بدخول الرطوبة اليها من مسام الحجران الخشب بالجاذبية الشعرية

عاشراً ان اهل جرمانيا يشقون حجار الرحي بالخشب . فانهم ينجرونه على شكل السفين ويدخلونه في شقوق الحجار وهو جاف . فيمتص الرطوبة بصب الماء عليه وتركه برة او بانصباب المطر فيضغ ويشق الحجر الذي هو فيه فيستغنى بذلك عن اتفاق الدرهم وبذل التعب

(٢٧) التذويب * اذا وضعنا السكر في الماء يذوب لان جاذبية الالتصاق بينه وبين الماء اقوى من جاذبية الملاصقة بين دقائقه ولما كانت الحرارة مضعفة لجاذبية الملاصقة (عد ٢٥) فهي تساعد على التذويب ولذلك اذا ذوبنا جسماً في الماء الحار يذوب

() يتضح ذلك من القصة الآتية : ان في بلاد مصر اعمدة كثيرة على قواعد افانها الفراعنة وتعرف بالمسلات وقد قتل اكثرها ملوك الرومانيين وغيرهم من اهل اوربا وامبركا الى بلادهم . فلما اراد البابا سكستوس الخامس ان ينصب مسلة كبيرة من هذه المسلات في صاحة كنيسة مار بطرس برومية اصدر امراً بأن لا يفتح احد بكلمة حتى ينادي المهندس ان العمل قد تم والخطر قد مضى . وكان القملة يرفعون العمود والناس شاخصون اليهم حتى قارب العمل ان يتم فزاد الشد على الحبال فزك وارشكت المسلة ان تسقط فتم من كان اسفلها من القملة مدعورين واذا صوت يناديهم بلوا الحبال فنظروا فاذا هو المهندس را بعلها قبلوها فخنكت وانقبضت على المسلة فرفعوها ووقفوها على قاعدتها

منه في وقتٍ قصير أكثر مما يذوب في الماء البارد في وقتٍ أطول .
ولهذا السبب يُسرّع ذوبان الأجسام إذا سُخِّت . وإذا لم يكن
بين الجسم الجامد والسائل جاذبية التصاق فلا يذوب . وبجاذبية
الالتصاق يمتصُّ الماء مقداراً كبيراً من بعض الغازات كامتصاصه
للهواء فان الماء لا يخلو من الهواء الذي يزيد طعمه لذة . ولذلك
إذا صُبِّناه من وعاء الى آخر رأينا فقائِع الهواء الملتصقة به تنزل
معه ثم تطفو على سطحه حيث تنفثُ ويفلت الهواء منها . وقد أشار
بعضهم باستعمال هذا المبدأ لتجديد الهواء في المعادن * هذا ولما
كان الضغط والبرد يُضعِفان قوة الدفع في الغازات (عد ٢٥)
فها يوافقان جاذبية الالتصاق بين دقائق الغازات ودقائق الماء
ولذلك يفور ماء الصودا ويصير طعمه حريفاً من غاز الحامض
الكربونيك الذي فيه . لان ماء الصودا اذا ضغط امتصَّ غاز
الحامض الكربونيك ثم اذا أُزيل الضغط عنه أَفَلَت غاز الحامض
الكربونيك منه في فوابع لماعة واحداث الفوران وافاج الرائحة
الحريفة التي يُشعر بطعمها

(٢٨) نفوذ السائلات * املاً وعاء طويلاً ماءً ملوّناً باللثوس^(١)
الازرق . ثم ضع فيه قمعاً طويلاً يصل الى قعره وصب فيه ماءً

(١) صباغ يستخلص من بعض انواع النبات



الشكل ٦

محموي قليلاً من زيت الزاج (انظر الشكل ٦)
فيتزل هذا الماء الى اسفل الوعاء ويبقى مستقلاً عن
الماء الاول كما يظهر من لونها. ولكنه يخلط به بعد
بضعة ايام كما يظهر من تغير اللبوس الازرق الى لون
احمر. فاخذنا طهما احدهما بالآخر هو نفوذها. واكثر
السوائل يخلط بعضها ببعض اذا جُمعت في
وعاء واحد غير انه اذا لم يكن بينها جاذبية التصاق
فلا تخطط بل تنفرد ولو هزّت معاً هزاً شديداً

(٣٩) نفوذ الغازات * ان غاز الهيدروجين اخف من
الهواء ١٤ مرة غير اننا اذا ملأنا قنيتين منها ووضعنا التي تحوي
الخفيف الى اسفل والتي تحوي الثقيل الى أعلى كما في الشكل ٧
رأينا انها يخلطان اختلاطاً تاماً بعيد قليل. وهذا ما يعرف بنفوذ
الغازات



الشكل ٧

(٤٠) أزموس السوائل * اذا فصلنا بين
السوائل بجسم رقيق ذي مسام فلا تخطط على السواء
بل يكون اختلاطها متوقفاً على طبائنها وعلى مادة
ذلك الجسم الفاصل كما ترى مما يأتي: خذ انبوبة من
الزجاج وادخل طرفها في مشاة مائة كحولاً (الشكل ٨)

وضعها في وعاء ملآن ماء ثم انظر الى حيث يرتفع الكحول في انبوبة
 الزجاج وسم هناك سمة واصبر قليلاً . ثم عد وانظر
 فترى الكحول قد ارتفع عن السمة . واذا دقت
 النظر وجدت ان الكحول يخرج من المثانة ويختلط
 بالماء والماء يدخل المثانة اسرع من دخول الكحول
 اليه . وقد علموا عن ذلك بأن جاذبية الالتصاق بين
 المثانة والماء اشد منها بين المثانة والكحول فيدخل
 الماء الى داخل المثانة بالجاذبية الشعرية ويختلط
 من الداخل بالكحول بنفوذ السوائل وكذلك ينفذ

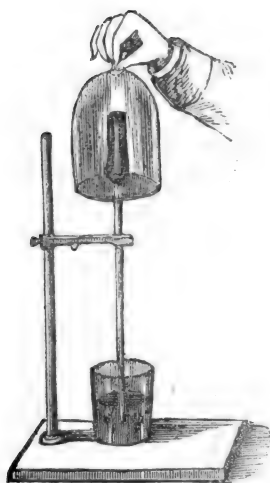


الشكل ٨

بعض الكحول من المثانة ويختلط بالماء . ومهما كانت السوائل فالذي
 منها يبل الغشاء الفاصل قبل غيره ينفذها اسرع من غيره ايضاً .
 فلو استعملنا زقاً من الكلوديون عوضاً عن المثانة في التجربة المذكورة
 آنفاً لانعكس الامر فيها فكان الكحول ينفذ كثيراً والماء قليلاً
 لان الكحول يبل الكلوديون قبل الماء ويسمى هذا النفوذ أزموس
 السوائل

(٤١) أزموس الغازات * ان هذا لم يؤكّد حدوثه ولكنه
 مرجح كما يظهر مما يأتي : خذ قدحاً ذا مسام وادخل فيه فلينة

(١) جسم لزج يستعمله الجراحون دهاناً للجروح ليقبها من العوارض الخارجة
 ويستعمله المصورون بالنوتوغرافيا ايضاً



الشكل ١

ادخالاً محكمًا وادخل في الفلينة
انبوبة من الزجاج واقلب القدح
فوق وعاء فيه ماء وانزل طرف
الانبوبة السائب تحت الماء قليلاً
واسندها الى شيء ثابت كما ترى
في الشكل ١ لتثبت كذلك. ثم
اقلب على القدح زجاجة واسعة
تعرف بالقابلة ملائمة من غاز

الهيدروجين. فينفذ الغاز من مسام القدح ويتزل سريعاً من
الانبوبة الى الماء فتظهر فقاعة عليه

ولا يخفى ان البلونات الصغيرة التي يلعب بها الاولاد تهبط
الى الارض في زمان يسير وذلك لان غاز الهيدروجين الخفيف
الذي تملأ به يفلت من مسامها اسرع من دخول الهواء اليها
فتتكسر وتهبط الى الارض من ثقلها

- (٤٢) مسائل للتدريب * (١) اذا ابتل الجوخ فلماذا يتقلص .
(٢) اذا تساقب اصحاب القوارب فلماذا يبلون القلوع . (٣) لماذا لا يصح
تجفيف الكتابة بالفرطاس الاعتيادي . (٤) اذا دهن الخشب فلماذا يمنع عنه
التقلص . (٥) كيف يكون شكل سطح الماء و سطح الزيت في كأس من الزجاج .

(٦) اذا عصرنا مشقة فلماذا لا تنشف تماماً . (٧) اذا طلي منخل دقيق بالدهن فلماذا لا ينزل الماء منه . (٨) لماذا يذوب الكافور في الكحول ولا يذوب في الماء (٩) لماذا يرتفع الزئبق في انابيب من التوتيا كما يرتفع الماء في انابيب من الزجاج . (١٠) لماذا يعسر رفع اللوح من الماء . (١١) اذا تلوّث أحد الكتاب بالحبر فلماذا يتخلل الحبر الى جوانب صفحاته . (١٢) اذا انصب الحبر على حافة الكتاب فهل نشد اوراقه بعضها على بعض لنعصره منها . (١٣) لماذا لا يمتزج الزيت بالماء . (١٤) ما هي فائدة البلبل في الابريق * الجواب لو لا البلبل لكان الماء ينصب عن جوانب الابريق مجاذية الالتصاق كما ينصب من الطاس ونحوه ولكن البلبل يسلمه لجاذبية الثقل قبل ان تنصرف فيه جاذبية الالتصاق فينزل منها . (١٥) لماذا يبيل الماء اليد ولا يبيلها الزئبق . (١٦) لماذا يتشقق البرميل ويتكسر اذا لم يملأ ماء او يوضع في دمليز . (١٧) اذكر بعض الاحوال التي تزيد فيها قوة

جاذبية الالتصاق على جاذبية

الملاصقة

الفصل الثاني

في المجاذبية العامة وجاذبية النفل

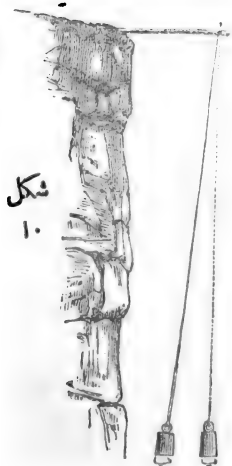
(٤٢) تكلمنا في ماضى عن المجاذبية التي تفعل بين دقائق الاجسام على بعد غير محسوس وقصدنا الآن ان نتكلم عن المجاذبية التي تفعل بين الاجسام على كل بعد من الابعاد وهي تُعرف بالمجاذبية العامة وتجري على ناموس^(١) كثير الاعتبار في العلوم الطبيعية وهذا تعريفه : ان كل جسم من اجسام الكون يجذب غيره بقوة تناسب مقدار مادته وهذه المجاذبية تنقص كزيادة مربع البعد عنه وتزداد كتنقصه * فاذا قطعنا فلينة متساوية الكثافة قطعتين احدها كبيرة والاخرى صغيرة ووضعناها في الماء الواحدة بقرب الاخرى فانها انجاذبان ويزيد جذب الكبيرة على جذب

(١) الناموس او الشريعة في عرف الطبيعيين الطريقة غير المتغيرة التي يجري الله الطبيعة عليها.

(٢) اكتشف ناموس المجاذبية العامة الفيلسوف اسحق نيوتن . قبل انه كان ذات يوم جالسا تحت شجرة من التفاح يفكر في بعض القضايا العلمية فسقط امامه تفاحة فقال في باله ما الذي اسقط هذه التفاحة الى الارض وما الذي يسقط الاجساد من قهيم الجبال الى اسفل الارضية . أليست القوة التي تسقط الاجسام منا تدبر القمر ايضا حول الارض والارض والسيارات حول الشمس . ولم يزل على مثل هذه الافكار حتى اكتشف ناموس المجاذبية هنا

الصغيرة بقدر ما تزيد مادتها على مادتها اي ان كلاً منهما تجذب
 الاخرى بقوة تناسب مقدار مادتها . ثم اذا ابعدها الواحدة عن
 الاخرى فالجاذبية التي بينها تنقص ولكن على نسبة تزيد
 عن البعد . فاذا صار البعد بينها بقدر ما كان اولاً مرتين
 فالجاذبية لا تنقص عما كانت مرتين فقط بل اربع مرات اي
 مربع المراتين وذلك معنى قولنا ان الجاذبية تنقص كمربع البعد
 وبالعكس اذا قرب احدهما نحو الآخر حتى يصير البعد بينها
 نصف البعد الاول فجاذبية كل منهما للآخر تزداد اربع مرات .
 ويزداد ما سبق وضوحاً بالمثالين الآتيين

اذا سقط حجر من مكان عال ينزل الى الارض والارض تصعد اليه لانه
 هو يجذبها وهي تجذبه . ولكن جاذبيتها تزيد على جاذبيتها بقدر ما تزيد مادتها
 على مادته فلذلك يقطع في النزول اليها مسافة
 اعظم من المسافة التي تقطعها هي في الصعود
 اليه بقدر ما تنقص مادته عن مادتها فتحسب
 المسافة التي تقطعها الارض للملاقاة كلاشي كما انه
 هو كلاشي بالنسبة اليها * واذا طلقنا ثقلًا بحيط
 وربطنا الحيط بجانب جبل فالحيط لا يبقى على
 استقامته بل يميل نحو الجبل لان الجبل يجذب اليه
 ويظهر ذلك من الشكل ١٠ حيث يفرض ا ب
 الحيط المنقط مدلى على استقامته و ا ب الحيط
 منحرفاً نحو الجبل بالقوة التي يجذبها الجبل بها . وقد كبرت زاوية الانحراف هنا



لزيادة الايضاح

واعلم ان ناموس الجاذبية العامة يصدق على كل عوالم الكون كما يصدق على اجسام ارضنا. فان جميع الاجرام السماوية مرتبطة بعضها ببعض بالمجاذبية العامة فكل نجم من نجوم السماء مرتبط بالارض وبقية الكواكب والارض مرتبطة به وبقية الكواكب وكلها متوازنة ولذلك تمهد في السماء على لا شيء. فكان جاذبية الشمس للارض حبل غليظ يمتد منها ويربط الارض. وكان جاذبية النجوم خيوط دقيقة تخرج منها وتلف حول الارض ايضا. وكان جاذبية الارض للشمس وبقية النجوم خيوط خارجة منها ومرتبطة بالشمس وبقية النجوم. فكما ان الجبال والخيوط تربط الاجسام بعضها ببعض هكذا المجاذبية العامة تربط ارضنا بالاجرام السماوية والاجرام السماوية بها وتثبتها في نواحي السماء (٤٤) جاذبية الثقل * قد ظهر ما تقدم ان في الارض قوة تجذب بها الاجرام السماوية. فهذه القوة تجذب ايضا جميع الاجسام التي عليها نحو مركزها وتسمى حينئذ جاذبية الثقل. واذا قلنا ان هذا الجسم ثقله عشرة ارطال فالمراد ان الارض تجذبه اليها بقوة عشرة ارطال^(١) وهذا الثقل يختلف بحسب موقعه في

(١) اذا سقط حجر من مكان عال ينزل الى الارض بمجاذبية الثقل كما تقدم فلو كانت الارض لا تصدء عن ان ينزل فيها البني نازلا بالمجاذبية الى مركزها. ولكن الارض

الارض كما يأتي منفصلاً

اولاً . اذا كان الجسم في مركز الارض فنقله لاشيء لان كل مواد الارض تجذبه بالتساوي الى كل جهة فلا يرحج الى جهة ولذلك يكون عدم الثقل

ثانياً . اذا كان الجسم فوق سطح الارض ينقص ثقله بابعاده عنها كزيادة مربع بعده عن مركزها لاعتن سطحها لان المركز هو النقطة الوسطى بين موادها المجاذبة ونقصانه يزيد كمربع بعده عن مركزها . فلو قيل اذا كان ثقل جسم ١٠٠ رطل على سطح الارض (سطح الارض يبعد عن مركزها نحو ٤٠٠٠ ميل) فكم يكون ثقله على بعد الف ميل عنه (اي على بعد ٥٠٠٠ ميل عن مركز الارض) فالعمل لمعرفة ذلك ان تقول نسبة (٥٠٠٠ ميل) الى (٤٠٠٠ ميل) :: ١٠٠ رطل الى الجواب وهو ٦٤ رطلاً

ثالثاً . اذا كان الجسم على سطح الارض فنقله يختلف باختلاف عرض المكان الذي هو فيه . فاذا كان الجسم على خط الاستواء فنقله ينقص عما اذا كان في مكان آخر لسببين .

نصده عن النزول فيها لجهود سطحها فلذلك يتي مجدوباً اليها وضاعطاً لسطحها فاذا وضع في كفة ميزان وزن مقدار ضغطه . وملا المقادير هو ثقله فالثقل اذا هو قياس جاذبية الثقل وتوجيهها

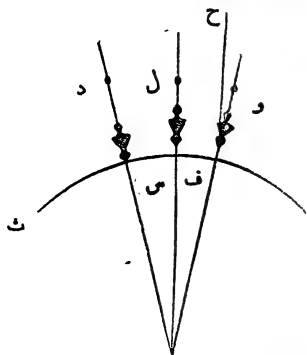
اولها ان كرة ارضنا متفتحة عند خط الاستواء . فيكون الجسم هناك
ابعد عن مركزها الذي تجذب الاجسام الى جهته من جسم مثله
بين خط الاستواء واحدي القطبتين فيقل جذبها له عند خط
الاستواء عن جذبها لما يساويه في مقدار المادة بينه وبين القطبتين
وبالنسبة يكون انقص ثقلاً . وثانيها ان القوة التي تدفع الاجسام
عن مركز الارض تكون اشد على خط الاستواء مما على غيره كما
سيأتي وذلك ينقص الثقل ايضا * واذا كان الجسم في قطب من
القطبين فثقله يزيد عما اذا كان في مكان آخر لسببين ايضا .
اولهما ان كرة ارضنا مسطحة من القطبين فالجسم يكون عليها
اقرب الى المركز مما يكون على غيرها فيزيد جذب الارض له
ويزداد ثقله . وثانيها ان القوة التي تدفع الاجسام عن المركز
تكون في القطبين اضعف مما في بقية الاماكن

فائدة . قد نعلم ان المجاذبية العامة وجاذبية الثقل هما من نوع واحد والفرق بينهما
انما يكون للتخصيص واما جاذبية الملاصقة فلا يوجد دليل على انها من نوعها . لانها يزيدان
بقدر ما تزيد مادة الجسم وينقصان بقدر ما يزيد مربع بعده . واما في الظاهر انهما
لا تزيد ولا تنقص كذلك . والا لكان التصاق الدقائق القريبة من مركز ثقل الجسم بعضها
ببعض اشد من التصاق الدقائق البعيدة عنه بعضها ببعض او من التصاقها في نفسها اذا
كثر الجسم كثرة

الفصل الثالث

في الاجسام الساقطة

(٤٥) الخط السمتي * ان الارض تجذب الاجسام نحو مركزها كما تقدم فاذا بقيت الاجسام بلا معارض نزلت في خط مستقيم الى مركزها . وهذا الخط يسمى خطاً سمتياً



اذا هلطنا رصاصة بجوئ ودلينا الخط من محل عال ينزل في خط سمتي . واذا تدلت خيوط كثيرة كلها في اماكن متعددة فكلمنا نجده نحو مركز الارض وتلتقي فيوا لو اخرجت اليو كما ترى في الشكل ١١ فالقوس ا ث في قطعة من سطح الارض وم مركز الارض والخطوط د م و ل م ووم خطوط سمتية قد اخرجت حتى التقت في المركز

الشكل ١١

(٤٦) نوايس الاجسام الساقطة * للاجسام الساقطة اربعة نوايس وهي : اولاً . كل الاجسام تسقط بسرعة واحدة اذا جذبت بجاذبية الثقل فقط . فاذا وضعنا درهما وريشة طائر في



الشكل ١٢

انبوبة طويلة كما ترى في الشكل ١٢
وفرغنا الانبوبة من الهواء ثم قلبناها
بسرعة يسقطان من الطرف الواحد
الى الآخر في وقت واحد. واما اذا
ادخلنا الهواء الى الانبوبة وقلبناها
فالدُّرهم يسبق الريشة كثيراً. فيُستنتج
من ذلك ان الاجسام اذا سقطت
في الفراغ تسقط بسرعة واحدة وان
سبب سقوط الاجسام الثقيلة بسرعة
وسقوط الاجسام الخفيفة يبطؤ انما
هو مقاومة الهواء لها وهي ساقطة

ويظهر ذلك ايضاً ما اذا رمينا ورقة فانما لانصل الى سطح الارض الا
بعد زمان. واما اذا لفنناها حتى تلبّد بعضها على بعض ورميناها فنصل الى
الارض حالاً وليس ذلك من نقصان قوّة الجاذبيّة بل من نقصان مقاومة
الهواء

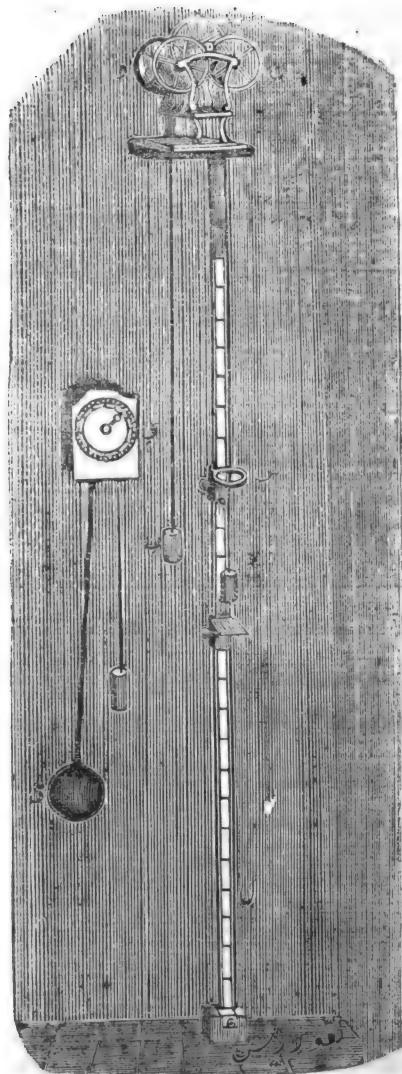
ثانياً. اذا سقط جسم من علوّ فالبين الذي يقطعهُ في الثانية
الاولى ١٦ قدماً وقد تحقّق ذلك من تجارب بالرقاص وبآلة
أتود. فتكون سرعته المتساوية في آخر الثانية الاولى ٣٢ قدماً
وذلك لان حركته تبتدئ بصفر وتأخذ بالتسارع بقوة الجاذبية

المتصلة ومعدل صفر و $٢٢ = ١٦$ ونعني بسرعه المتساوية في آخر الثانية الاولى سرعة الاستمرار التي اكتسبها في آخرها ويجري بها على التساوي في الثانية الثانية لو فرض انقطاع الجاذبية في آخر الاولى. ويقال لها معدل سرعة الجاذبية في الثانية الثانية وهكذا يُقال في معدل سرعة الجاذبية في الثالثة والرابعة

تنبيه . ان الجسم يسقط ١٦ قدماً في الثانية الاولى في المكان بالقرب من سطح الارض المحسوب انه على مساواة سطح البحر. ولكن اذا كثر البعد عن الارض يختلف بين سقوطه فيها عن ١٦ قدماً فيتنص كزيادة مربع البعد

واما آلة أتود فالغرض منها قياس سرعة الاجسام الساقطة والايان التي تقطعها في اوقات معلومة لانه يتعذر قياس ذلك برأية الاجسام بلا آلة اعظم سرعتها ولكن الهواء يضادها في نزولها فيقلل سرعتها عما هي حقيقة . وهذه الآلة مؤلفة من عمود مقسم لـ (الشكل ١٢) مرتكز على قاعدة وعلى رأسه افريز ومن ساعة نك للثواني . وعلى ظهر الافريز خمسة دولاب والى الخامس د يقع كل من طرفي محوره على محيطي دولابين من الاربعة الباقية كما ترى حتى يكون الاحتكاك قليلاً . وبوضع في محز هذا الدولاب خيط من الحرير معلق ثقيل بكل من طرفيه . ويتصل بالعمود حلقة تس تحرك عليه صاعداً ونازلاً ورف صغيراً ايضاً يتحرك كذلك . اما الحلقة فلكي يمر احد الثقلين منها واما الرف فلكي يبدأ ذلك الثقل عليه * ويصنع الثقلان اوب متساويين تماماً ولذلك يهآن اذا تركا للانهما مدلين عن جانبي الدولاب ويحركان اذا زيد على احدهما ثقل لاختلال الموازنة حيثئذ

لنفرض ان وزن كل من الثقلين $٢١ \frac{1}{2}$ اوقية وانا زدنا على الثقل ا قضيباً من النحاس وزنه اوقية واحدة فيكون وزن الكل ٦٤ اوقية . وهذه متى



الشكل ١٣

تحرّكت نحرّك بفعل الجاذبية بقوة اوقية واحدة فتكون سرعتها $\frac{1}{16}$ من سرعة

الاقوية وذلك لان الجسمين في حكم السكون لان جاذبية الواحد تضادها جاذبية صاحبه بالتعلق ومقدار مادتهما ٦٢ اوقية وباضافة قضيب النحاس تصير مادة الثلاثة ٦٤ ولكن الحركة قد حصلت بقوة جاذبية اوقية فقط . فلو نزل قضيب النحاس وحده لكانت سرعته ٦٤ مرة من سرعته مع الثقلين ولكن بصيرورتها معها ٦٤ اوقية مع جاذبية اوقية واحدة تنقص السرعة كازدياد المادة كما ستنتف على ذلك في الكلام على الحركة . فتكون سرعة الكل اي القضيب مع الجسمين $\frac{1}{74}$ من الجاذبية كما لا يخفى . فبذلك نجعل الجسم يستقط بقوة متصلة في الجاذبية ولكننا نقلل سرعته حتى لا تزيد عن $\frac{1}{74}$ من سرعة الاجسام الساقطة فننضي بذلك غرضين الاول اننا نتكهن من قياس حركة الجسم في سقوطه والثاني اننا نقلل مقاومة الهواء له حتى نكاد نغنيها

فاذا اردنا الامتحان بهذه الآلة رفعنا الثقل الى راس العمود وعلطنا به قضيباً من النحاس بحيث لا يتزل من الحلقة ووضعنا الحلقة على بعد معلوم منه والرف على بعد آخر . ثم اذا وصل عقرب الثواني في الساعة الى الصفر تركنا الثقل يستقط هو والقضيب فعند وصولهما الى الحلقة يعلق القضيب واما الثقل فيمر فيها فنستعلم وقت وصولهما الى الحلقة من الساعة وكذلك نستعلم وقت وصول الثقل وحده الى الرف فان سرعة حركة القضيب مع الجسم الى الحلقة بالجاذبية المتصلة في متسارعة ولكن سرعة الجسم بعد انفلات القضيب عنه من الحلقة الى الرف في متساوية لان الجاذبية قد انغثت بالتعلق كما مر وهي سرعة الاستمرار التي اكتسبها بسرعة جاذبية القضيب فاذا فرضنا بعد الحلقة عن محل القضيب وهو في اعلى الآلة قدماً واحدة وسار اليها الجسم في ثابتهين مثلاً فتحكم ان سرعته ربع قدم في الثانية الاولى واذا ضربنا $\frac{1}{4}$ في ٦٤ فالحاصل ١٦ . فنعرف حينئذ ان سرعة هلا الجسم بالجاذبية ١٦ قدماً في الثانية الاولى . ثم اذا مشى الجسم من الحلقة الى الرف قدمين في اربع ثوان فتحكم ان معدل سرعة الجاذبية اذ قد انقطعت الجاذبية عندما علق القضيب اي سرعة الاستمرار

للجسم في الثانية ٢٢ قدماً لان الجسم يكون قد سار نصف قدم في كل ثانية ونصف ٦٢ اي ثقل الجسمين هو ٢٢ تقريباً لانه لو كان الجسم ١ اوقية واحدة لاسرع ٦٢ مرة سرعة الاوقية اذ تزداد السرعة بنصفان المادة اذا بقيت القوة واحدة. وهذه الحقيقة تؤكد لنا التي قبلها وهي ان الجسم يهبط ١٦ قدماً في الثانية الاولى لان المعدل بين ٢٢ و ١٦ كما مرّ وفي الركن في البرهان. وعلى هذا الاسلوب نتحقق الناموس الثاني وما بعده

ثالثاً. معدل سرعة المجاذبية في اول الثانية الثانية ٢٢ قدماً كما مرّ اي ١٦ × ٢. ومعدّلها في اول الثالثة ٦٤ بزيادة ٢٢ اي ١٦ × ٤. وفي اول الرابعة ٩٦ كذلك اي ١٦ × ٦ وهلمّ جرّاً بزيادة المضروب فيه ٢ كل مرة. اما المسافة التي يقطعها الجسم في كل ثانية من التوالي المسرودة بعضها وراء بعض اذا بقي جارياً فيها نحصل بضرب ١٦ × ١ للاولى و ١٦ × ٢ للثانية و ١٦ × ٥ للثالثة وهلمّ جرّاً اي بضرب ١٦ في هذه الاعداد الوترية^(١) ٢ و ٥ و ٧ و ٩ الخ لكل ثانية على التوالي والابضاح نقول

يبتدئ الجسم في الثانية الثانية وله من السرعة ٢٢ قدماً فالامر واضح انه يقع في هذه الثانية ٢٢ قدماً بسرعه فقط لا بالمجاذبية. ولما كان فعل المجاذبية يوصل على الدوام يكتسب سرعة ٢٢ قدماً ايضاً فوق سرعه فتصير سرعه ٦٤ قدماً اي ١٦ × ٤ كما ذكرنا آنفاً. ثم يبتدئ في الثانية الثالثة وله من السرعة

(١) يعرف العدد الوترى لثانية من التوالي بضعف عدد تلك الثانية وطرح واحد من المحاصل مثالة: اذا قبل ما هو العدد الوترى للثانية الثامنة لنهل ١٦ - ٢ × ٨ = ١٦ و ١٥ - ١ = ١٥ وهو العدد الوترى الثامن

٦٤ قدماً فيكتسب علاقة عليها سرعة ٢٢ قدماً ايضاً بالمجازية فتصير سرعة
 ٩٦ قدماً اي ١٦×٦ وقس عليه ما بقي * ثم ان معدل ٢٢ قدماً وفي سرعة
 الجسم في أول الثانية الثانية و ٦٤ قدماً وفي سرعة في آخر تلك الثانية هو ٤٨
 قدماً اي ١٦×٣ وذلك يساوي مسيره في الثانية الثانية فقط ومعدل ٦٤
 قدماً وفي سرعة في أول الثانية الثالثة و ٩٦ قدماً وفي سرعة في آخرها هو ٨٠
 قدماً اي ١٦×٥ مسيره في الثانية الثالثة وقس عليه بقية ما ذكر آنفاً . فلنا
 من ذلك ملا الحكم وهو ان سرعات الاجسام كالأعداد الشفعية والابعاد التي
 تقطعها كالأعداد الوترية

رابعاً . ان الجسم يسقط في اي عدد كان كله من الثواني ما
 يساوي ١٦ قدماً مضروبة في مربع ذلك العدد

فقد تقدم معنا ان الجسم يسقط ١٦ قدماً في الثانية الاولى و ٤٨ قدماً في
 الثانية الثانية فيسقط اذاً في الثانيةين معاً $١٦ + ٤٨ = ٦٤$ قدماً اي ٢ في ١٦
 قدماً وكذلك يسقط في ٣ ثوانٍ $١٦ + ٤٨ + ٨٠ = ١٤٤$ قدماً اي ١٦×٣
 قدماً ولم جراً

(٤٧) معادلات الاجسام الساقطة * اذا فرضنا ان الحرف
 س معدل سرعة جسم ساقط في آخر وقت مفروض والحرف ب
 يينه (اي البعد الذي يقطعه) و و وقته ينتج معنا ما مضى أن

$$(١) \text{ س } = ٢٢ \text{ و}$$

$$(٢) \text{ ب } = ١٦ \text{ و}$$

$$(٣) \text{ س } = ٦٤ \text{ ب } ١٦ \times ٤$$

وهذه المعادلة (٣) هي نتيجة (١) و (٢) لانه بترييع (١) والقسمه

يصير $\frac{1}{16} \times 2 = 2$ و من قسمة (٢) على ١٦ تكون $\frac{1}{8} = 2$ و
 اذا $\frac{1}{16} \times 2 = \frac{1}{8}$ و $\frac{1}{8} \times 4 = 2$ ب و $\frac{1}{8} \times 2 = \frac{1}{4}$ ب ثم ليذل
 ج على قوة الجاذبية المتصلة العمل المحسوبة ١٦ فلنا من المعادلة
 (٣) هذه المعادلة (٤) $\frac{1}{8} \times 2 = 2$ ب . ومن المعادلة (٤) اذ
 كان ج لا يتغير وكذلك ٢ ينتج ان البين يتغير كمرع السرعة او
 مربع السرعة كالين او السرعة كجذر البين وبالعكس

(٤٨) طريقة سهلة لمعرفة عمق الابار * يتضح ما تقدم اننا اذا
 عرفنا الوقت الذي يسقط فيه جسم عرفنا البين الذي يقطعه
 ايضاً . فاذا رمينا حجراً في بئر وعددنا الثواني التي تمر قبلما نسمع
 صوت وقوعه على قعرها ثم ربعنا عدد الثواني وضربناه في ١٦
 قدماً يكون الحاصل عمق البئر اقدماً . اما الثواني فتعد بساعة
 ذات عقرب للثواني واذا لم يتيسر الحصول عليها تعد دقائق
 النبض وتُحسب كل دقة ثانية . غير انه متى صدم الحجر قعر البئر
 يتأخر صوته قليلاً حتى يصل الينا ولكن وقت تأخره يكون
 قصيراً جداً فلا يعتد به هنا

(٤٩) الاجسام الصاعدة * ان ما مر عن الاجسام الساقطة
 اذا عكسناه يصدق على الاجسام الصاعدة ايضاً . فاذا رمي جسم
 الى فوق قلت سرعته ٢٢ قدماً كل ثانية بدلاً من ان تزيد لان

المجاذبية تضاده . ولذلك اذا أريد ابعاله الى علو مفروض
وجب ان تكون سرعته مساوية للسرعة التي يكتسبها عند سقوطه
من ذلك العلو الى الارض المدلول عليها بالحرف س لانه يصعد
في وقت مفروض بقدر ما يسقط . فاذا اطلقنا قنبلة في جهة
سمت الراس و بقيت دقيقتين صاحلة تبقى دقيقتين نازلة ايضا
في رجوعها . ويتتضي ان يكون زخمها عندما تصيب الارض وهي
نازلة بقدر ما كان عند خروجها من فم المدفع . ولكن الواقع
خلاف ذلك لان الهواء يقاومها في سيرها فينقص
زخمها السدس وهي صاعلة والسدس
وهي نازلة

الفصل الرابع

في مركز الثقل

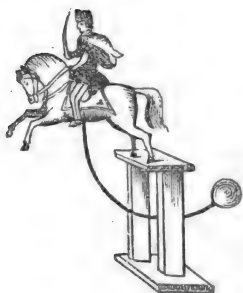
(٥٠) مركز ثقل جسم هو النقطة التي يسكن الجسم اذا ارتكز عليها لتوازن الاجزاء المتقابلة على جانبيها كما اذا هدا ميزان بوضع عيار في احدى كفتيه بساوي ما وُضع في الاخرى ثقلاً. وخط الجهة هو الخط السمي الذي يقع مركز الثقل فيه ويمر فيه الجسم اذا سقط وهو اذا امتد بمر بمركز الارض

اذا هدأت عصاً على اصبع شخص سواه وضعت عليها افقية ام قائمة فمركز ثقلها هو النقطة في العصا الواقعة فوق الاصبع التي اذا رُسم منها خط عمودي في الحالين يمر بالاصبع وذلك الخط هو خط الجهة وهي انما يهدأ لتوازن الجاذبية على اجزائها الواقعة على جانبي مركز ثقلها ومكلاً يقال في كل جسم يهدأ على اي شيء كان

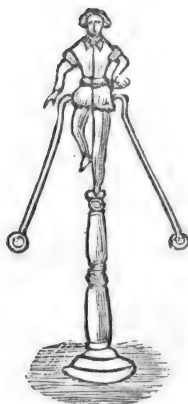
(٥١) حالات الموازنة * الموازنة على ثلاث حالات موازنة ثابتة وموازنة غير ثابتة وموازنة مطلقة. فاولاً اذا كان مركز الثقل تحت النقطة التي يرتكز عندها الجسم على شيء او يعلق منها بشيء او اذا كانت ادنى حركة ترفع مركز الثقل قبل

ان الجسم في حال الموازنة الثابتة

مثال الشرط الأول الشكل ١٤ حيث ترى صورة رجل مرتكز على قاعدة وقد علّق به كرتان من الرصاص حتى صار مركز ثقله تحت نقطة ارتكازه . فادامت الكرتان معلّبتين به يبنى متوازناً ومادّناً واما اذا رُفَعْنَا عَنْهُ فَيَسْقُطُ حالاً* ومثال الشرط الثاني اي ان ادنى حركة ترفع مركز الثقل في الموازنة الثابتة الشكل ١٥ وهو صورة لعبة مصنوعة لتسلية الاولاد فان الحصان وراكبه معلّقان



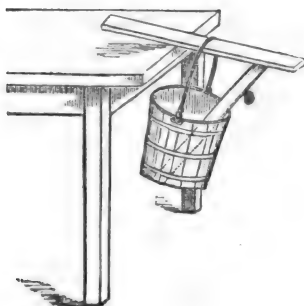
الشكل ١٥



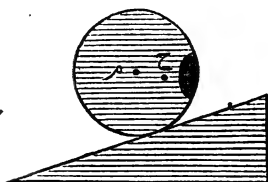
الشكل ١٤

برجلي الحصان ويتصل ببطونه شريط ملوّث التواء مستديراً ومثقل من طرفه الآخر بكرة من الرصاص بحيث يقع مركز الثقل تحت نقطة التعليق . فاذا حُرِّكَت اللعبة يرتفع مركز الثقل عن وضعه فيخطر ذهاباً واياباً على جانبي نقطة التعليق حتى يبدأ تحنها فتحطر اللعبة بخطراته ويهدؤ . ويتبين ثبوت مركز الثقل تحت نقطة التعليق مما يأتي : املأ دلو ماء وعلقه على مائدة بعارضة من الخشب متصلة بعارضة أخرى تدخل الى قعر الدلو وتدفعه الى

تحت المائدة كما ترى في الشكل ١٦ فيصير مركز الثقل حينئذٍ تحت نقطة التعليق فيثبت الدلو ولولا المارضة السفلى لسقط حلاًلاً * وقد يتحرك الجسم



الشكل ١٦



الشكل ١٧

ضد الجاذبية ظاهراً اذا طلب الموازنة الثابتة كما يظهر ما اذا اخذنا قرصاً من الخشب وثقلناه بثقل من الرصاص في جانبيه كما ترى في الشكل ١٧ حتى يصير مركز ثقله عند ح فاذا وضعناه حينئذٍ على سطح مائل يصعد عليه حتى يصير مركز الثقل ح اسفل مركز الجسم م الذي يحسب نقطة التعليق



الشكل ١٨

اذا أريد ان نوقف ابرة على رأسها فليبرز طرفها طرفها الثاني عند ثقلها في فليئة مغروز فيها سكينان كما ترى في الشكل ١٨ فيصبح مركز ثقل الجميع تحت نقطة الارتكاز ونبدأ على رأسها بالموازنة الثابتة

ثانياً . اذا كان مركز الثقل فوق نقطة التعليق او الارتكاز او اذا كانت ادنى حركة تهبطه قيل انه في حال الموازنة غير الثابتة . فاذا اخذنا الفليئة متوازنة كما في الشكل ١٨ وقلبناها عسر علينا ان نجعلها تتوازن وان توازنت تكون سريعة الوقوع

لان ادنى حركة تهبط مركز ثقلها

ثالثا . اذا كان مركز الثقل هو نقطة التعليق او الارتكاز او اذا كانت الحركة لا ترفعه ولا تهبطه قيل انه في حال الموازنة المطلقة . فاذا اخذنا كرة متساوية الكثافة ووضعناها على سطح مستو ثقف كيفاً وضعت لان مركز ثقلها يتحرك في خطٍ موازٍ للسطح المذكور كيف ادرناها فحينئذ يقال ان موازنة الكرة مطلقة

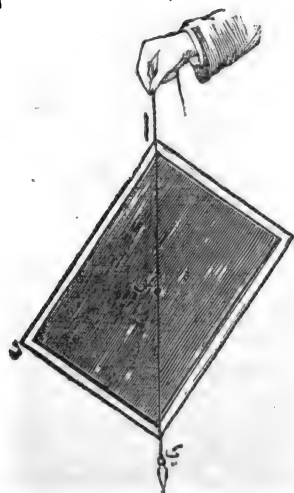
(٥٢) معرفة مركز الثقل * يُعرف مكان مركز الثقل اماً بجعل الجسم متوازناً او بتعليقه من زاوية من زواياه كما ترى في الشكل ١٩ . تربط رصاصة بطرف خيط وتعلق بالزاوية المشار اليها فيستعلم منها خط الجهة اى ثم تعلق بزاوية اخرى فيستعلم

منها خط الجهة ب دفنقطة تقاطعها س هي مركز ثقله

(٥٣) ان من يعين النظر

في ما تقدم لا يعسر عليه فهم القضايا ب الآتية وهي

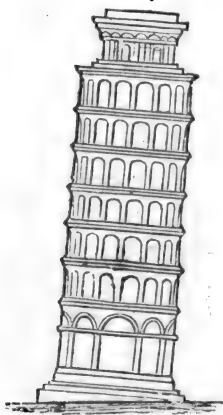
اولاً . ان الجسم لا ينقلب فيستقيم ما دام خط الجهة داخل قاعدته ولكنه يستقيم حال وقوع



الشكل ١٩

خط الجهة خارجها . مثاله اذا وقف انسان منتصباً ملتصقاً
بحائط واراد ان يلتقط شيئاً موضوعاً قرب ايها رجله حانياً
الجزء الاعلى منه فانه يقع حالاً لان الحائط يمنع كفة عن التأخر
الى خلف ليوسع قاعدته فتبقى ضيقة ولا يستطيع ان يثبت نفسه
عند انحنائه لالتقاط الشيء مما كان حاذقاً او نشيطاً . فان كل
من ينبغي لاختذ شي ما وهو واقف فلا بد ان يؤخر كفة الى خلف
لكي يوسع قاعدته فلا يسقط

ثانياً . بقدر ما يُجَنَّب رفع مركز الثقل لجسم مع بقاء خط
الجهة داخل قاعدة الجسم يكون ثبوته في
في محله اضعف

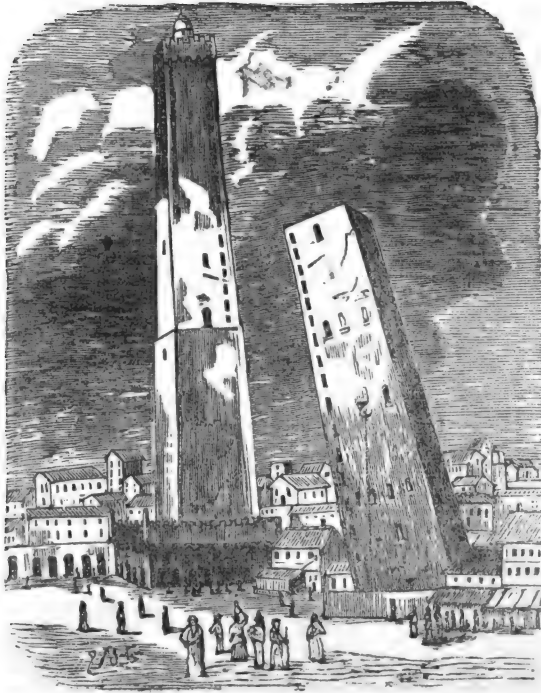


الشكل ٢٠

ثالثاً . بقدر ما يسفل مركز الثقل في
جسم يصير اقوى ثبوتاً في محله
رابعاً . كلما ضافت قاعدة الجسم وزاد
علوه ضعف ثبوته وكلما اتسعت قاعدته
وقلَّ علوه قوي ثبوته

(٥٤) من الامثلة على ما تقدم برج پيزا بايطاليا فان علوه ١٨٠ قدماً
ورأسه مائل ١٥ قدماً عن قاعدته كما ترى في الشكل ٢٠ ولكن خط الجهة
واقع داخل قاعدته كثيراً حتى صار له اكثر من سبع مئة سنة مبنياً ولم يزل
راسخاً ثابتاً كما كان قديماً . واذا وقف انسان غريب عند اسفله اجفل خائفاً

من مبوطو عليه لعظم ميلو . وسبب وقوع خط الجبهة داخل قاعدته مع ميلو هو
ان الجزء الاسفل منه مبني من حجار كثيفة جداً ووسطه من قرميد واعلاه من
حجر خفيف ذي مسام . ويقارب برج بيزا في الغرابية برجا بولونيا (الشكل ٢١)
فان الاقل علوا منها مائل ٨ اقلام عن الخط العمودي وعلوه ١٢٠ قدماً



الشكل ٢١ برج بولونيا المائل

(٥٥) ان الانسان يراعي شروط مركز الثقل في اكثر حركاته
عن غير قصدٍ وتكلفٍ . فان قدميه والفسحة التي بينهما هي قاعدة
جسده . ولذلك اذا اراد ان يوسع هذه القاعدة يميل ايمامي قدميه

الى الوحشية اي الى الخارج. واذا اراد ان يقف على رجل واحدة
يميل ليوقع خط الجهة داخلها واذا حمل دلو ماء يثني الى الجهة
المقابلة ليوازنه. واذا صعد الى جبل يثني الى الامام. واذا انحدر
عنه يميل الى الوراء. واذا اراد ان ينهض عن كرسي يثني الى
الامام فيقع مركز الثقل فوق قدميه والأفعضلة تعجز عن رفع
جسمه. واذا مشى يميل الى الامام ليوقع مركز ثقله امامه ولذلك
لا يكون المشي الا نوعاً من السقوط. واذا ركض

يميل الى الامام اكثر مما اذا مشى ولذلك

لا يكون الركض الا سقوطاً

اسرع من سقوط

المشي

الفصل الخامس

في الرقاص

(٥٦) حدود * الرقاص هو كل ثقل معلق بحيث يتحرك
 بغير ممانعة . وخطران الرقاص هو حركته ذهاباً وإياباً بقوة
 الجاذبية والاستمرار^(١) . وقوس خطرانه هي الفسحة التي يتحرك فيها
 فاذا خطر في تلك القوس من طرف الى طرف قيل انه خطر
 نصف خطرة او خطرة مفردة واذا خطر من طرف وعاد اليه
 قيل انه خطر خطرة كاملة او مزدوجة . وسعته هي مقدار تلك
 الفسحة . واذا خطر في اوقات متساوية فخطراته تسمى متساوية
 الاوقات . وهو انا بسيط واما مركب فالبسيط ما تألف من
 ثقل فقط معلق بخيط لا ثقل له وهذا عديم الوجود لانه لا يوجد
 خيط عديم الثقل وانما يفرض موجوداً ليتوصل به الى معرفة

(١) اذا ترك الرقاص لثاقو فانه يمكن بجاذبية الثقل في خط معني . ثم اذا حرك
 بخطر حتى يبلغ نهاية قوس خطرانه فتدور الجاذبية الى وضعه الاول ولكنه يتجاوز بالاستمرار
 حتى يبلغ نهاية قوس خطرانه من الجهة الاخرى فتدور الجاذبية ايضا فيخطر كذلك حتى
 تسكنه قوة اخرى

نواميس الرقاص . والمركب هو كل جسم نجحله بخطر حول نقطة كرقاص الساعة . وهو في الغالب مؤلف من قضيب من الزجاج او الفولاذ ومتصل من رأسه بصفيحة لدنة من الفولاذ ومن طرفه بقطعة من النحاس او معدن آخر عديمة الشكل او كروية

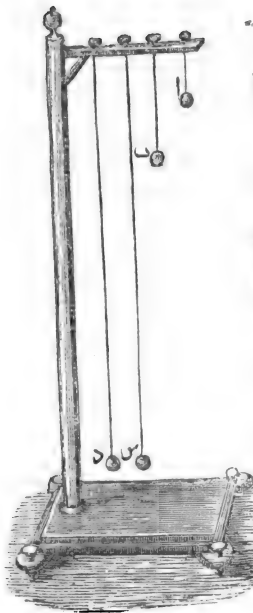
(٥٧) نواميس الرقاص * للرقاص اربعة نواميس . الاول ان خطرات رقاص واحد تكون متساوية الاوقات اذا كانت سعاتها صغيرة ^(١) . فاذا حركنا كرة من الكرات الاربع المرسومة في الشكل ٢٢ وعددنا الخطرات التي تخطرها في دقيقة واحدة وجدناها متساوية

اكتشف هذا الناموس العلامة غيلو وهو في . وكيفية اكتشافه انه كان جالسا في كنيسة يبرا بايطاليا فرأى فتديلا مدلى من قبة الكنيسة يخطر ذهابا وايابا فراقب اوقات خطراته فوجدها متساوية فاستدل منها على قياس الوقت بها

الثاني . ان وقت الخطران لا يختلف مهما كانت مادة ثقل الرقاص . فاذا كانت الكرة س في الشكل ٢٢ من حديد والكرة د من خشب تخطران معا في وقت واحد

(١) واما اذا كانت سعاتها كبيرة كما اذا زادت عن اربع درجات او خمس فلا

يصدق تماما



الشكل ٢٢

الثالث . اذا خطر أكثر من رقاص واحد واختلفت طولاً فاوقات خطراتها لا تكون متساوية بل متناسبة للجذور المأبئة من اطوالها . فاذا كان طول ا في الشكل ٢٢ $\frac{1}{4}$ طول س وخطراً معاً يسرع ا ثلاث مرات سرعة س لان الجذر المأبئ من ٩ هو ٣ واذا كان طول ب ربع طول س يسرع ب سرعة س مرتين . وبالعكس اذا خطر أكثر من رقاص واحد فاطوالها تكون مناسبة

لمربعات اوقات خطراتها . فالرقاص الذي يخطر خطرة واحدة في الثانية يكون طوله ٤ امثال طول رقاص يخطر خطرة واحدة في نصف ثانية

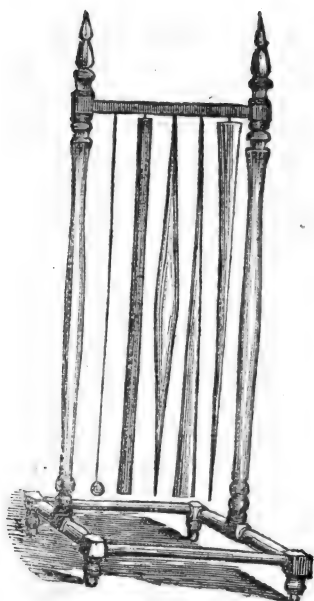
الرابع . اذا خطر رقاص واحد فاوقات خطراته تختلف باختلاف الأماكن على سطح الأرض أي انها تقصر باندرا ما يزيد الجذر المأبئ من قوة الجاذبية . فاذا خطر على خط الاستواء كان خطرته ابطأ مما يكون على عرض آخر . واذا خطر على قطب من القطبين كان اسرع لان اضعف الجاذبية على خط الاستواء

واشدّها على القطبين كما مرّ (عد ٤٥) ولما كانت الاطوال مناسبة لمربعات اوقات الخطران فطول الرقاص الذي يخطر خطرة في الثانية يختلف باختلاف العرض على سطح الارض كما ترى

في سينسبرجن	٥٨° ٤٩' ٥٩"	٢٩° ٢١' ٤٦"	من القبراط
في ادنبرج	٤٠° ٥٨' ٥٥"	٢٩° ١٥' ٥٤"	" "
في لندن	٠٨° ٢١' ٥١"	٢٩° ١٢' ٢٠"	" "
في جاميكا	٠٧° ٥٦' ١٧"	٢٩° ٠٥' ٢٩"	" "
في سيرااليوني	٢٨° ٢٩' ٠٨"	٢٩° ٠١' ١٩٥"	" "

وكذا يختلف الرقاص الذي يخطر في غير الثواني

(٥٨) مركز الخطران * ان طول الرقاص المطلق يُقاس من طرفه الواحد الى طرفه الآخر واما طوله الحقيقي فيُقاس من نقطة تعليقه الى مركز خطرانه . ومركز خطرانه يتضح مما يأتي وهو: ان القسم الاعلى من الرقاص يخطر اسرع من القسم الاسفل وبذلك يزيد سرعة الرقاص والقسم الاسفل يبطئ عن الاعلى وبذلك يقلل سرعته . فلا بد من ان يكون بين القسم الاعلى والقسم الاسفل نقطة لا تسرع ولا تبطئ عما لو تحركت وحدها معلّقة بخيط وهي . فمذه هي مركز الخطران وموقعها تحت مركز الثقل قليلاً . ويظهر ما يحصل من الفرق بين طول الرقاص الحقيقي



الشكل ٢٣

وطوله المطلق من الشكل ٢٣
فانه يحنوي على رقاصات مختلفة
الاشكال طولها المطلق واحد واما
طولها الحقيقي فيختلف فاذا
حركت معاً تنشأت اوقات
خطراتها فلا يخطران منهن في
وقت واحد

(٥٩) معرفة مركز الخطران

بالجربة * اذا جعلت نقطة التعليق

مركز الخطران وجعل مركز

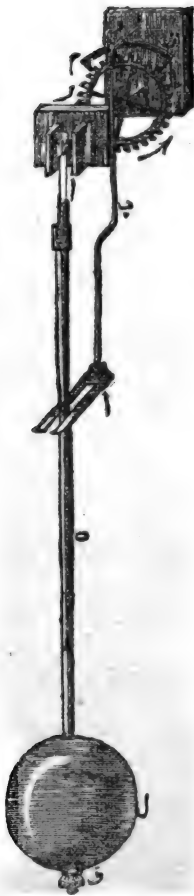
الخطران نقطة التعليق يبقى الرقاص كما كان. فلذلك اذا تحققنا
وقت خطران رقاص ثم ادناه جاعلين نقطة التعليق الى اسفل
وعلقناه بنقطة أخرى فيثا رجع وقت خطرائه كما كان كانت
تلك النقطة هي مركز الخطران فحسب نقطة التعليق وتحسب
نقطة التعليق مركز الخطران

ويُعرف مركز الخطران بطريقة أخرى ايضاً وهي ان نربط رقاصة بخيط
دقيق خفيف فتحسب رقاصاً بسيطاً لان الخيط يكاد يكون بلا ثقل الخفيف
بالنظر الى الرقاصة. ثم نعلق الخيط بالهور المعلق به الرقاص المطلوب مركز
خطرائه بحيث يقع تجاه الرقاص ونحركه ونطبله او نقصره اذا اقتضى الامر

حتى يخطر هو والرقاص في وقت واحد . ومنى مداً نعين المساحة التي يجرى
فيها رقاص الرصاصة ونستعلم مركزها فهو مركز الخطران بالتقريب

(٦٠) قياس الوقت بالرقاص * اذا علقتنا رقاصاً بسمار

وحركناه يخطر مدة ثم يهدأ لانه يجنك
بالمسار عند نقطة تعليقه فتقل حركته ولان
الهواء يقاومه وهو يخطر فيه فتقل حركته ايضاً
حتى تنفي . فاذا أريد تحريكه تحريكاً دائماً
اقتضى ان يعوض له عما يخسره بالاحتكاك
ومقاومة الهواء وذلك يكون باستخدام
الدواليب وادوات أخرى كما ترى في الساعة
الاعتيادية فان آلاتها انما يقصد منها ادامة
حركة الرقاص وعد خطراته .

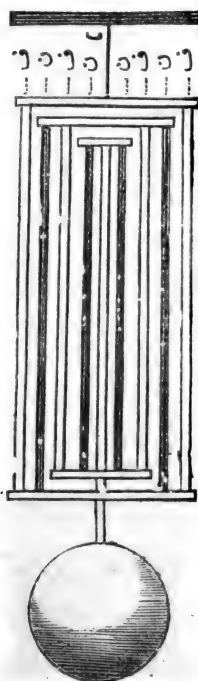


الشكل ٢٤

انظر الى الشكل ٢٤ فان ردولاب يدبره
القل او الزنبرك ولم يرهما منا ومن شاكوش يجرى
بالماسك المشعب ا ب وبمسك اسنان الدولاب
بطرفيه . فكلما خطر الرقاص خطرة مزدوجة فقلت
الشاكوش سناً من اسنان الدولاب فتعد خطرات
الرقاص بذلك . فالاحتكاك ومقاومة الهواء يعوض
عنها بالقل او الزنبرك الذي يدبر الدولاب لانه
يشد بالدولاب دائماً فاذا افلتت سن من اسنائه من الشاكوش تدفع

الشاكوش فنصل قوة الدفع منه الى الماسك المشعّب ومن الماسك الى الرقاص
فيستعين بهذه القوة على مقاومة الاحتكاك والهواء ويبقى متحركاً على الدوام ثم اذا
انصل بعمود الدولاب عترب بدور على مينا فكلما اقلت من الدولاب سن
بدور العترب على المينا فيقتد خطر ان الرقاص فيعرف الوقت بذلك . ويضع
كل ما تقدم من النظر الى آلات ساعة دائرة

(٦١) تأخر الساعات وتقدمها * لا يخفى ان الحرارة تمدد
الاجسام اي تكبر حجمها والبرودة تقلصها اي تصغرهُ فلذلك
يطول الرقاص في الصيف ويقتصر في الشتاء فتتأخر الساعات
في الصيف وتقدم في الشتاء (عد ٥٧)



شكل ٢٥

الناموس الثالث) ويصلح ذلك برفع ثقل
الرقاص ل او بخفضه بواسطة اللولب ف
في آخر النضيبات

(٦٢) الرقاص التعويضي او المصبع *
هذا الرقاص مؤلف من قضبان نحاسية
وقضبان فولاذية متصلة بعضها ببعض على
شكل ان قضبان النحاس ن ن ن ن في
الشكل ٢٥ تطول صاعداً اذا تمددت
وقضبان الفولاذ ف ف ف ف تطول نازلاً
فيبقى مركز الخطران غير متغير ولو تغيرت

درجة الحرارة * والرقاص الزئبقي يشغل على كأس فيها زئبق
فاذا زادت الحرارة وتمدد قضيب الرقاص نازلاً يمتد الزئبق في
الكأس صاعداً فيبقى مركز الخطران في محله

(٦٣) فوائد الرقاص * أولاً لما كان وقت خطران
الرقاص يدل على قوة الجاذبية (عد ٥٧ الناموس الرابع) ولما
كانت قوة الجاذبية تنقص بقدر ما يزيد مربع البعد عن مركز
الارض (عد ٤٤ ثانياً) فاذا انتقلنا بالرقاص من مكان الى آخر
عرفنا من خطرانه طول نصف قطر الارض في ذلك المكان .
ومن معرفة طول نصف قطر الارض في اماكن شتى يعرف شكل
استدارتها . ثانياً اذا استعملنا قوة الجاذبية في مكان نستعلم منها
سرعة جسم ساقط (عد ٤٧) . ثالثاً يمكن استعمال الرقاص قياساً
ثابتاً للمقاييس فان الاقيسة الانكليزية منقولة عن طول رقاص
الثواني في مدينة لندن . رابعاً ان العلامة فوكول اثبت دوران
الارض عياناً بالرقاص وهذه الفائدة الاخيرة والفائدة الاولى
يستوفي الكلام عليهما في علم الهيئة . وللرقاص فوائد اخرى لا محمل
لاستيفائها هنا

(٦٤) مسائل للتمرين * (١) اذا سقطت فتاحة الى الارض فكم
تنهض الارض للاقائها . (٢) أعلى الجبل يزيد ثقل الجسم ام ينقص الوادي .
(٣) أسقوط الاقوية ابطأ من سقوط الاقوين ام لا . (٤) أثني حجر في بئر فلم

يبلغ قعرها إلا بعد ثلاث ثوانٍ فكُم عنها. (٥) هل يكون مركز الثقل داخل
 الجسم دائماً. (٦) اين مركز الثقل لحلقة من حديد. الجواب في مركز دائرتها.
 (٧) اين مركز الثقل لكرة متساوية الكثافة. (٨) لماذا تندرج الكرة عن
 الجبل. (٩) لماذا يُدحرج الجسم المستدير اسهل ما يُدحرج المربع. (١٠)
 لماذا يسهل قلب ضيغ من البلاء ويعسر قلب حمل من الحجارة. (١١) لماذا
 يكون الهرم امن الابنية. (١٢) لماذا يجمل البهلوان عصاً ثقيلة طويلة وهو
 يمشي على الجبل. الجواب. ليوسع قاعدته فيقل الخطر عليه من السقوط.
 (١٣) اذا حملت ساعة الى رأس جبل أتقدم أم تأخر. واذا حملت الى
 النقطب الشمالي. (١٤) أنتصر رقاص ساعتك ام تظوله في الشتاء. (١٥)
 لماذا يُفضل ان يكون ثقل الرقاص مسطحاً لا كروياً. (١٦) ما هو سبب تلك
 الساعة. (١٧) كم هو طول رقاص يخطر خطرة في الدقيقة على عرض
 نيويورك (طول رقاص الثواني في نيويورك ٢٩' ٢١" القيراط) الجواب
 ثانية (١) : (٦٠ ثانية) : ٢٩' ١١" القيراط : ٢٩' ٢١" الميل وهو المطلوب. (١٨)
 وكم هو طول رقاص فيها يخطر خطرة في نصف ثانية. وآخر يخطر خطرة في
 ربع ثانية. وآخر خطرة في الساعة. (١٩) اذا كان طول رقاص ١٦ قيراطاً
 وطول آخر ٦٤ قيراطاً فما هي نسبة وقت خطر ان احدهما الى وقت خطر ان
 الآخر. (٢٠) اذا وقت بلصق حائط فلماذا لا قدر ان ترفع حجراً من بين
 قدميك. (٢١) اذا سقط حجر عن رأس برج علو ٩٨ قدماً فبأي سرعة
 يصيب الارض. (٢٢) بقي جسم ٥ ثوانٍ ساقطاً فبأي سرعة يصيب الارض.
 (٢٣) رُمي جسم الى فوق بسرعة ١٩٢ قدماً في الثانية الاولى فالى اي علو
 يصل. تحل هذه المسئلة كما تحل الآتية : كم يستط الجسم حتى نصير سرعته ١٩٢
 قدماً. (٢٤) اذا اطلقت رصاصة الى فوق بسرعة ٢٥٦ قدماً فالى اي علو تصل
 وكم تبقى صاعدة. (٢٥) لماذا لا تنزل نقطة المطر بزم مطابق لنوايس الاجسام
 الساقطة. الجواب لصغر حجمها فيقاومها الهواء حتى يفيي سرعتها تقريباً. ولولا

عناية الباربي تعالى في مقاومة الهواء لما لكثافت سرعتها تزيد حتى تصير في
آخر الدقيقة الاولى من وقوعها مثل سرعة قبيلة المدفع ولكن المطر شراً على
البشر والارض باسرها من رصاص التجارين عند اشتداد الماركة. (٢٦) هل
يكون خطان سميان متوازيين. (٢٧) سنط حجر عن جسر فاصاب الماء في
ثلاث ثوانٍ فما هو علو الحجر. (٢٨) سنط حجر عن رأس برج كنيسة فاصاب
الارض بعد اربع ثوانٍ فما علو البرج. (٢٩) اذا سنط جسم عن ارتفاع
١٢٠٠٠ ميل عن سطح الارض فكم يسقط في الثانية الاولى. الجواب. على هلا
الفرض بعده عن مركز الارض ٢ اضعاف بعد جسم على سطح الارض عن
المركز فحاذيته تكون $\frac{1}{2}$ من حاذيته و $\frac{1}{16} \times 16 = \frac{1}{4}$ قدم. (٣٠) وزن
جسم على سطح الارض مئة قطار فا وزنه على ارتفاع ١٠٠٠ ميل عنه. (٣١) اراد
واد ان يستعمل علو برج فرمى اليه سهاً فبلغ السهم رأس البرج ونزل الى
الارض في ٦ ثوانٍ فكم علو البرج. (٣٢) سقطت مرة من منطاد فاصابت
الارض في عشر ثوانٍ فمن اي علو سقطت. (٣٣) طول رقاص ٤٠ قدماً
ففي كم من الزمان يخطر خطرة واحدة. الجواب. اذا فرض طول رقاص يخطر
ثواني في يبروت ٣٩ فيراطاً تقريباً تكون النسبة بموجب (عد ٥٧) هكذا ٣٩:
 $٤٠ \times ١٢ = ١٢٠$ و $١٢ \times ٣ = ٣٦$ او ٣٥ تقريباً. (٣٤) وزن
جسم على سطح الارض ٢٠٠٠ اوقية فا وزنه على ارتفاع ٢٠٠٠ ميل عنه. وعلى
ارتفاع ٥٠٠ ميل. (٣٥) على اي ارتفاع عن الارض يسقط الجسم في الثانية
الاولى $\frac{1}{2}$ ١٢ قدم فقط. الجواب. $\frac{1}{2} \times ١٢ = ١٦$: ٤٠٠٠ : مربع البعد =
 ٧٥×٢٠٧٥٦ وجذر هذا المالى ٤٥٥٦ ميلاً تقريباً وهو البعد عن مركز
الارض اطرح ٤٠٠٠ بعد سطحها عنه يبقى ٥٥٦ ميلاً فعلى هذا العلو يسقط
 $\frac{1}{2}$ ١٢ قدم في الثانية. (٣٦) كم يسقط الجسم في ٨ ثوانٍ. وفي الثانية الثامنة
وفي ١٠ ثوانٍ. وفي الثانية الثلاثين

ملحق

في تاريخ الساعات

كان القدماء يقسمون الوقت بآلات كلبة البسطة اقدمها المزولة (الساعه الشمسيه) والساعه الرملية والساعه المائيه وهي عبارة عن كوبه مثنوبه تملأ ماء وتوضع فوق وعاء فيه جسم خفيف فيبتل الماء من ثقبها الى الوعاء وبطنو الجسم الخفيف عليه فيستعمل الوقت من ارتفاع ذلك الجسم . وقد تفنن العرب كثيراً في هذه الساعه واتقنوها اتقاناً عظيماً ويقال ان الخليفة هرون الرشيد امدى شارلمان الافرنجي ساعه بدعيه الصنعة في القرن التاسع . وروى المؤرخون ان ملك الانكليز ألفرد الكبير كان يقسم الوقت باضاءه شمع متساوي الحجم فيوقد كل يوم ست شمعات واضعاً اياها ضمن طب من قرن الحيوان لينبع عنها مجاري الهواء فيستعمل الوقت منها . ولم تستعمل الساعه في اوربا قبل القرن الحادي عشر والظاهر انها نقلت اليها عن العرب ولا تستعمل الرقاص فيها قبل اوائل القرن السابع عشر . ولما صنعوا الساعه الاولى في بلاد الانكليز سنة ١٢٨٨ ب.م . كان لما عديم قيمة وساع حتى انهم وكلوا بها رجلاً من ذوي المراتب السامية . وكانت ساعات هاتيك الازمان على غاية من الاقنان تدل على حركات الاجرام السماوية ويخرج منها اطياف مغرّدة ودبوك صائجة وجنود مبرّقة واجراس رنّانة واساقفة وخوارج ورهبان وضباط وقواد مخلفة الملابس والمهيشات وتغرّ حول ميناها مخبرة بالوقت . وفي القرن الخامس عشر صنعت الساعات الصغيرة في مدينة نورمبرج بالمانيا وكانت تسمى بيض نورمبرج وشاع

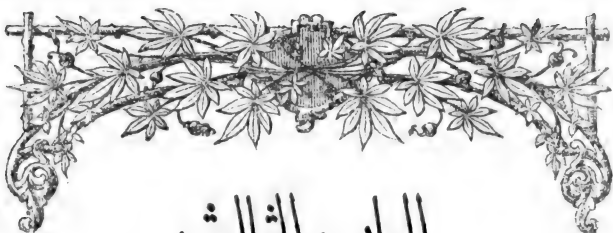
استعملها في القرن السادس عشر فكان منها ما هو صغير كساعات هذه الايام
وما هو كبير كالصحن . غير انها كانت تدور مرتين في اليوم ولم يكن فيها عقرب
للشواني ولا للدقائق وكانت مع ذلك عسرة العمل مؤلفة من ٨٠٠ قطعة . وفي
سنة ١٦٥٨ اخترع الدكتور هور الزنبرك فصارت الساعات الصغيرة تجري
بدقة الرقاص . ونسجل عماها كثيراً فلا يوجد الآن في الساعات الصغيرة
المعروفة بساعات ولتهم أكثر من ١٢٠ قطعة . وقد برع اهل ملا
الزمان في صنع الساعات براعة غريبة حتى ان
بعضها لا يجل أكثر من دقيقة

في نصف

سنة

٢

— ١٠٨ —



الباب الثالث

في الحركة

الفصل الاول

في الحركة والقوة

(٦٥) حدود * الحركة الانتقال من مكان الى آخر وهي
 اما مطلقة واما نسبية. وعدمها السكون وهو ايضا اما مطلق واما
 نسبي. فالحركة المطلقة هي انتقال الجسم بالنظر الى جسم آخر
 تام السكون والحركة النسبية هي انتقال الجسم بالنظر الى جسم
 آخر نسبي السكون كانتقال الانسان من محل الى آخر فان
 حركته تكون بالنسبة اليها. والسكون النسبي مثل جلوس المسافر
 في سفينة جارية فانه ساكن بالنسبة الى سواربها وبقية ما فيها
 ولكنه متحرك بالنسبة الى الماء والاماكن التي تمر السفينة عليها.
 واما السكون المطلق فلا علم لنا بوجوده.

لا يسكن الجسم سكونا مطلقا الا اذا خلا من الحركة تماما ولا دليل على انه يوجد جسم كذلك في الكون . فان الارض تحرك بكل ما فيها دائرة حول الشمس وكذلك سائر السيارات والاقار وقد ثبت ان الشمس وبعض النجوم الثوابت تحرك في السماء ولا يبعد ان تكون النجوم الثوابت كلها متحركة ايضا * والمظنون ان كل الاجسام تحرك حركة ذاتية مستقلة عن حركة الارض او غيرهما من الحركات الظاهرة . فان الحجر مثلا يظهر لنا ساكنا على الارض ولكن دفائنه تحرك تحركا عبقيا فيها بينما على ما يظن ولو كان ذلك لا يظهر باقوى المكبرات * ولما كانت الحركة المطلقة لا تعرف الا بالنظر الى السكون المطلق وكان هو غير موجود فهي غير موجودة . ولذلك يقال ان الحركة ناموس من النواميس الطبيعية ولا بد منها لنظام الكون واما السكون فلا يكون الا بالنسبة اليها * ومعدل الحركة هو السرعة فاذا تحرك جسم عشرة اميال في الساعة قبل ان سرعته عشرة اميال

(٦٦) انواع الحركة * الحركة اما مستقيمة واما منحنية . فالمستقيمة هي التي يتحرك بها الجسم في خط مستقيم والمنحنية هي التي يتحرك بها الجسم في خط منحن وسياقي تفصيلها . وكل منها اما متساوية او متفاوتة فالمتساوية هي التي يقطع بها الجسم ابيانا متساوية في اوقات متساوية . مثالها دوران عقرب الساعة فانه يدور دوراته على ميناها في اوقات متساوية ودوران دولاب الماء اذا حركه الماء بقوة متساوية . وال متفاوتة هي التي يقطع بها الجسم ابيانا غير متساوية في اوقات متساوية . فاذا تزايدت الايام التي يقطعها في وقت واحد قيل ان حركته متفاوتة متسارعة كحركة

المركبة عند أول جريها فانها تبندى ببطوء ثم تسرع تدريجاً وكذلك نزول الاجسام كما مر (عد ٤٦). واذا تناقصت الايان التي يقطعها في وقت واحد قيل ان حركته المتفاوتة متباطنة كحركة المركبة عندما يراد توقيفها فانها تثباطاً تدريجياً حتى تسكن وكذلك صعود الاجسام كما مر (عد ٤٩)

(٦٧) اضداد الحركة * اشهر اضداد الحركة ثلاثة: الاحنكاك والهواء وجاذبية الثقل. فالاحنكاك في اصطلاح الفلاسفة هو الممانعة المحاصلة لحركة الجسم من السطح الذي يزلق الجسم او يتدحرج عليه فالاحنكاك على نوعين احنكاك الزلق و احنكاك التدحرج. والسبب في احنكاك الاجسام بعضها على بعض خشونتها فان الاجسام مها صُقلت وملئت لايزال بعض اجزائها نائماً وبعضها غائراً كما يظهر اذا نظرت بالمكرسكوب. فلو امكنا صقلها حتى تصبح نائمة الملامسة لتلاشي احنكاكها ولكننا انما نستطيع الآن ان نقلل احنكاكها بتزييت سطوحها او بدهنها بالشحم حتى تمتلئ الاجزاء الغائرة التي فيها فتصير على مساواة الناشئة * والاحنكاك يختلف كثيراً بين الاجسام فاذا كانت من مواد متشابهة كان عظيماً واذا كانت من مواد غير متشابهة كان قليلاً. واذا زاد ضغطها بعضها البعض زاد واذا قل قل. وهو كبير المنفعة

فلولا لم تكن فائدة للمسامير واللوايب والخيطان والدوايب لانها
لا تثبت الأية . ولولا ايضا ما استطاع الانسان ان يلتقط او
بمسك شيئا ولا ان يقف او يمشي بل كان يزلق كل خطوة أكثر
ممن يزلق على أملس الجليد

والهواء يحيط بكرة الأرض من كل ناحية فحيثما سار الانسان
على سطحها او صعد عنه الى الجوّ او نزل من الجوّ اليه عارضه
الهواء وقاوم حركته . وذلك لان الانسان اذا تحرك طرد الهواء
من مكانه وحل محله وهذا لا يكون بدون ان يقاومه الهواء . وقد
وجد أن هذه المقاومة تزيد بقدر مربع السرعة . لان مقاومة
الهواء له تزيد بعض قوته اي زخمه فهي كناية عن زخم . ولنفرض
ذلك الزخم م والزخم يتغير كتغير السرعة في المادة كما سيأتي بعيد
هذا فلنفرض كمية المادة ك وس السرعة لذلك م ∞ س \times ك .
ولكن بما انه بزيادة السرعة تزداد كمية الهواء المقاوم وينقصانها
تنقص تكون س ∞ ك ويصح ان نضع س موضع ك في العبارة
المذكورة فتصير م ∞ س . وهكذا يقال في مقاومة الماء للجسم
يجري فيه

(٦٨) القوة * هي ما يحدث الحركة او يبطلها فاذا دامت
تحرك الجسم كقوة الجاذبية سُميت المتصلة والآفي المنقطعة .

وأشهر القوَّات الطبيعيَّة قوَّة الجاذبيَّة وقوَّة الاجسام الحيَّة كقوَّة
الانسان والحيوان وقوَّة الاجسام المرنة. ويُعتبر في القوَّة ثلاثة
امور مكان فعلها في الجسم وجهتها ومقدارها. اما مكان فعلها فهو
النقطة التي تنقل بها من الجسم واما جهتها فهي الخط الذي
تسير فيه تلك النقطة واما مقدارها فمفهوم . ونُقاس عادةً بعدة
ليبرات او اربطال او غيرها من الاوزان

اذا ربط ولدٌ حجراً بنحيط وجره فالحجر هو فعل قوَّته والنقطة التي يربط
النحيط بها من الحجر في مكان فعلها والخط الذي يجرُّ الحجر عليه هو جهتها واما
مقدارها فيكون بالنسبة الى ثقل الحجر

(٦٩) بناء القوَّة * قد نَدَّم ان المادَّة لا تلتصق بل تنحَوِّل من صورة
الى اخرى (عد ١٢) وكذلك القوَّة فان الطفل اذا رفس الارض برجله فقوَّة
رفسه تنحَوِّل الى حركة فتحرك الارض كلها وهذه الحركة تنحَوِّل الى فعل آخر
ولهٓم جرّاً . وعلى ملا المنوال يقطع الحبل خرزة البئر وتأكل النعام
الصخرة الصماء

(٧٠) الزخم * اذا تحرك جسم بقوَّة ولم تمنعه اصداد الحركة
حتى صدم جسماً آخر فانه يصدمة بقوَّة تساوي القوَّة التي تحرك
بها وتُسمى قوَّة صدمه هذه زخماً. فالزخم هو مقدار قوَّة حركة الجسم
ويساوي ثقله مضروباً في سرعته معبراً عنها باقدام او غيرها.
فاذا رمي حجر ثقله ٥ اربطال بسرعة ٢٠ قدماً في الثانية فزخمه
$$= ٢٠ \times ٥ \text{ اي } ١٠٠ \text{ رطل}$$

(٧١) ان زخم جسم اذا كان ناتجاً عن قوة متصلة كقوة الجاذبية هو اعظم جداً منه ناتجاً عن قوة منقطعة اذ كانت السرعة الاخيرة لقوة متصلة تزداد كالوقت او كربع البين (عد ٤٧) والجسم المتحرك بقوة منقطعة سرعته^(١) واحدة في كل الوقت فيبقى زخمه واحداً. ولكن الجسم الساقط بقوة الجاذبية يقاس او يعرف زخمه في آخر وقت مفروض بالحاصل من ضرب سرعته الاخيرة في مقدار مادته. فلو فرض ثقل جسم ساقط بالجاذبية ٦ ارطال لكان زخمه في آخر الثانية الاولى $6 \times 22 = 132$ وفي آخر الثانية ٢٨٤ فزخمه يزداد الى مقدار فاحش بزيادة الوقت في ضربة شاكوش على سمار مثلاً او مهدّة على حجر او غير ذلك ربما يلزم السمار ثقل فناطير فوقه لكي يحرّكه للترول في الخشب ولكنه بسهولة ينفرد بالشاكوش بقوة متصلة. واذا كانت حركة نازلة تساعد قوة الجاذبية ولما يفعل الشاكوش اذا كانت الضربة نازلة اكثر ما اذا كانت افقية. فيلزم ابعاد الشاكوش وزيادة سرعته لينوي فعل الضربة اذا كانت افقية. وهكذا ينال في المهدّة

(٧٢) انتقال الحركة * ان الحركة لا تنتقل الى كل اجزاء الجسم دفعة واحدة بل تدريجاً. فاذا اردنا ان نخرج حجراً كبيراً ندفعه اولاً فلا يترشح حتى تنتقل حركة الدفع من دقيقة الى اخرى فيه وتمتد الى كل اجزائه فيتحرك ويتدحرج.

واذا سُقنا حصاناً يجرُ مركبة ثنيلة فالحصان يسحب برهةً حتى
 تخرج المركبة لان حركة جرّو لا تمتد الى كل اجزاء العربّة الاّ
 تدريجاً. فاذا وثب بغتةً فنجد يكسر المركبة لانه لا يبصر على الحركة
 حتى تمتد الى كل دقائقها فالدقائق التي تحركت تسير معه والتي
 لم تحرك تبقى مكانها

قول انه اذا فعلت قوة بطرف قضيب من الحديد طوله ميل فطرفه
 الآخر لا يخرج الاّ بعد نصف دقيقة من الزمان * اذا ضربنا لوح زجاج بحجر
 يتكسر كسراً واما اذا اطلقنا عليه رصاصة فتثقب ثقباً مستديراً على قدرها وتترك
 الباقي صحيحاً. وسبب ذلك ان الرصاصة لعظم قوتها تثقب اللوح وتنفذ قبلما
 تمتد الحركة الى الدقائق المجاورة واما الحجر فلا ينفذ حتى تكون الحركة قد
 اتصلت الى بقية دقائقه فيتكسر. وعلى ذلك يمكن ان تثقب الشمعة اللينة
 الخشب القاسي اذا اطلقت عليه من بندقية لانها تنع عليه بسرعة عظيمة فتنفذ
 قبلما تنضغط اجزاؤها اللينة وترتد. وبعبارة أخرى ان سرعتها حينئذ اذا
 ضربت بمجاذبة الملاصقة التي بين دقائقها زادت قوة عن قوة جاذبة الملاصقة
 التي بين دقائق الخشب

الفصل الثاني

في نواميس الحركة

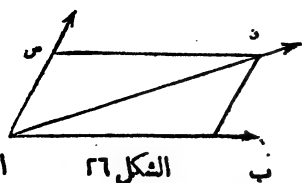
(٧٣) نواميس الحركة * نواميس الحركة ثلاثة: الاول اذا تحرك جسم بقي متحركاً الى الابد في خط مستقيم ما لم تمنعه قوة اخرى. فهذا عين الاستمرار (عد ١١) ويتضح من خطر ان الرقاص كما يأتي: يصنع الرقاص حتى يخطر بأقل ما يمكن من الاحتكاك ثم يوضع في قابلة من الزجاج فوق مفرغة الهواء. فكما بولغ في تفريغ الهواء طال زمن خطر الرقاص. قيل انهم اتصلوا في تفريغ الهواء الى ان صار الرقاص يخطر ٢٤ ساعة من نفسه والمظنون انه لو استطاع الانسان ملاشاة كل اضداد الحركة لبقي الرقاص يخطر الى الابد. وهذا الظن مبني على انه اذا تحرك الجسم بقي متحركاً الى الابد في خط مستقيم ما لم يمنعه مانع. ولكن لما كان الانسان عاجزاً عن ملاشاة اضداد الحركة كان

(١) اول من ارضعها الفيلسوف ايموني نيوتن

عاجزاً ايضاً عن اثبات الناموس الأول تماماً بالتجربة

(٧٤) الناموس الثاني . اذا فعلت قوة بجسم ساكن او متحرك علمت عملاً واحداً سواء كانت وحدها او اقترنت بغيرها وينتفع ذلك من الامثلة الآتية

كل الاجسام الارضية متحركة على الدوام لان الارض متحركة ولكننا اذا اردنا ان ننقل جسم من محل الى آخر فقله لا يكون اعسر ما لو كانت الارض غير متحركة . واذا رمينا غرضاً من الشمال الى الجنوب او بالعكس فانه يصيبه مع انه يكون قد سار كثيراً قبل وصول الحجر اليه لان الارض تنحرف بالحجر على محورهما من الغرب الى الشرق فتكسبه استمرار حركة كالفرض مع حركته بدفعه الى نحو . واذا رمينا حجراً في الجو بقوة تصعد ٥٠ قدماً صعد خمسين قدماً مها كانت الرمح الافقية المأبى حينئذ . واذا اطلقنا قنبلة من مدفع في جهة افقية سقطت واصابت الارض في الوقت الذي نصيبها فيه لو سقطت من ثم المدفع



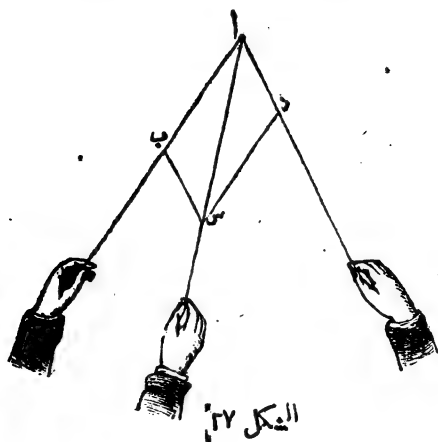
(٧٥) الحركة المركبة *

لنفرض أنا وضعنا كرة عند ا في

الشكل ٢٦ ثم فعلت بها قوتان

كما اذا ضربناها ضربتين في وقت واحد ضربة تدفعها في جهة الخط اب والاخرى في جهة اس فهي لاتطاول واحدة منها وحدها بل تسير بينهما في جهة الخط اد ويسمى الشكل اب د س

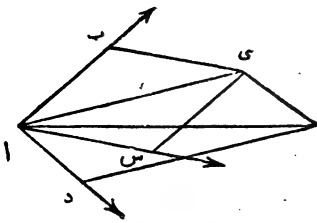
الشكل المتوازي الاضلاع للقوّات^(١) ويسمى القطر ا د نتيجة



(٧٦) تركيب القوّات * فكما فعلت قوّتان مجسم نرسم خطين يدلّان على جهتهما (عد ٦٨) ونقطع منها قطعتين كالقطعة ا د والقطعة ا ب في الشكل ٢٧ متناسبتين في طولها لسرعتي القوّتين. ثم نتمّ الشكل المتوازي الاضلاع فنرسم من ب الخط ب س متوازياً للخط ا د ومن د الخط د س موازياً للخط ا ب ونرسم القطر ا س فيدلّ على نتيجة تينك القوّتين وهي الجهة التي يسير الجسم فيها. واذا فعل بالجسم اكثر من قوّتين في

(١) المخطوط المتوازي في التي اذا رسمت في سطح مسطح لا تلغني بها اخرجت كالمخطون ا ب و د س والمخطون ا د و ب س. ولما كان كل خطين متقابلين في هذا الشكل متوازيين سمي متوازي الاضلاع. وضلع هو المخط منه كالضلع ا ب او ب س وقطره المخط من زاوية منه الى التي تقابلها كالمخط ا س

وقت واحد نستعلم أولاً نتيجة قوتين منها كما تقدم ثم تؤخذ هذه
النتيجة وقوة أخرى ونستعلم نتيجةها وهلم جرا حتى نستعلم نتيجة
سائر القوات



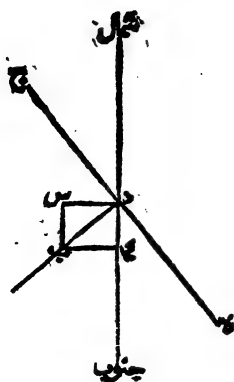
الشكل ٢٨

فإذا فعل مجسم عند ا
(الشكل ٢٨) ثلاث قوات ا ب
واس واد فجد المجهة التي يسير
فيها الجسم برسم شكل متوازي
الاضلاع اس ي ب واستعلم قطره
اي فيكون نتيجة القوتين ا ب و

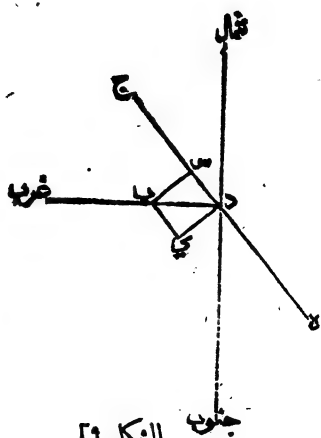
اس . ثم برسم من هذا القطر ومن القوة الثالثة ا د شكلاً آخر متوازي الاضلاع
ا د ت ي ونستعلم قطره ا ت فهو نتيجة الثلاث اي المجهة التي يسير الجسم فيها
بفعل ثلاث قوات اما استعمال كل ذلك فبحساب المثلثات

(٧٧) أمثلة تركيب القوات * اذا اراد رجل ان يقطع نهراً في قارب
فالنهر بالطبع يأخذه معه في جريه ولذلك يجذب الرجل نحو مكان فوق
المطلوب حتى يصل الى المطلوب . واذا كان انسان مسافراً في مركبة سريعة
السير ورى حجراً على غرض يخطئه اذا لم يرم الحجر الى ما وراء الغرض قليلاً .
وذلك لان الحجر يكون مشاركاً للمركبة في السير فاذا رماه الراكب صار منعولاً
يو من قوتين قوة تأخذه في جهة المركبة وقوة تأخذه نحو الغرض تماماً فيذهب
في تتيبها ولا يصيب الغرض بل يصيب محلاً امامه ومكناً يقال عن اراد ان
يطلق بارودته وقد ملئت طلق رصاص او خرندق وهو في مركبة سائرة * ان
الذين يطاردون على الخيل في مهادين مستديرة قد يفتنون عن ظهورها
ويعتدون في حلقات معلنة امامهم ويعودون اليها دون ان يمسوا الارض .
وكيفية فزهم انه اذا قارب الفارس منهم الحلقة وشب عن ظهر جواده الى الاعلى

فيكون منعولاً لقوتين احدهما وثوبة الى الاعلى والاخرى سرعة جواده فيذهب
في تتبعها ويمر في الحلقة ويرجع راكباً على متن الجواد * ان الطائر يحرك
الماء بجناحيه فيذهب في الجهة التي بينهما والساج يحرك الماء يديه ورجليه
فيذهب في الجهة التي بينهما ايضاً



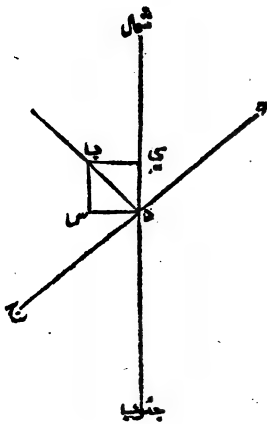
الشكل ٢٠



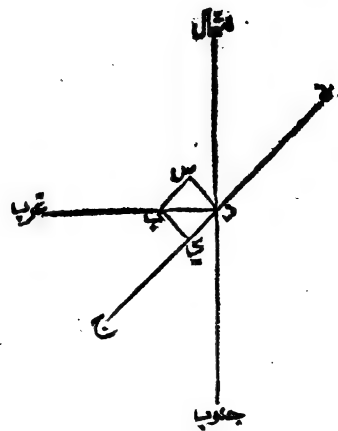
الشكل ٢١

(٧٨) حلّ القوت * حلّ القوت عكس تركيبها وهو
معرفة القوتين على فرض معرفة النتيجة. وذلك يكون بأخذ تلك
النتيجة وجعلها فطرّاً الشكل متوازي الاضلاع. مثالة: اذا فرض
الخط ج هـ في الشكل ٢١ قاع قارب مسافر الى الشمال برمج
غربية. فحلّ قوة الريح المدلول عليها بالخط ب د الى قوتين
ب ي و ب س . فالقوة ب ي توازي القلع كما ترى ولذلك
لا تؤثر فيه واما القوة ب س فعمودية عليه ولذلك يقتضي ان

تدفعه نحو الشمال الشرقي . ثم ليدل ب د في الشكل ٢٠ على القوة ب س المار ذكرها . حلها الى القوتين ب ي و ب س فالقوة ب ي تدفعه في جهتها ولكن شكل جرم القارب والدفة بضادتهما فيبطلان فعلم ا واما القوة ب س فتوازي الجهة التي يسير القارب فيها فتسوقه امامها الى الشمال . ولذلك ترى الملاحين يدبرون القلوع في رجوعهم عما تكون في ذهابهم او يقاعون شمالا وغيرهم يقلع جنوبا برمح واحدة



الشكل ٢٢

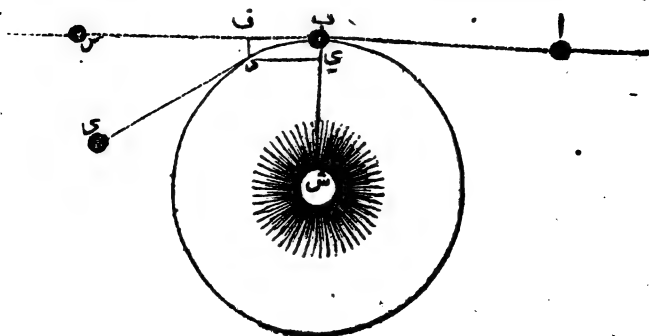


الشكل ٢١

ثم اذا فرض ان وضع القلوع كان في جهة ه ج في الشكل ٢١ و ٢٢ وان الرمح لم تزل غربية فجعل قوتها مرتين تُستخرج قوة تسوق القارب الى الجنوب وهي ب د في الشكل ٢٢ . وقد ضربنا

صفاً عن تفصيل ذلك هنا ليكون للتلميذ مندوحة لتفصيله على ما تقدم * وإذا كانت الريح شرقية المهبّ وطلب القارب ان يسير غرباً اي ضدّها يسافر تارة الى الشمال الغربي وطوراً الى الجنوب الغربي فيذهب في وجه الريح

وعلى قاعدة حلّ القوات تحلّ القوات الثلاث التي تطير بها الطائرة وهي ثقلها وشدّ خطها وقوة الريح عليها فاذا فرض ج ه في الشكل ٢٢ وجه الطائرة يكون ب د قوة الريح فنحلّ الى ب س وب ي . امام ي فلا تؤثر في



الشكل ٢٢

الطيارة وامام ب س التي هي ب د في الشكل ٢٠ فنحلّ الى قوتين ب ي وب س (الشكل ٢٠) فالقوة ب س تغلب ثقل الطائرة وتطلب ان ترفعها والمحيط بسحبها في جهة ب د اي في جهة عمودية على وجهها فيكون الناعل بها حينئذ قوة الريح وشدّ المحيط فلا تطاوع واحداً منها وحدة بل تطير بين الجهتين في جهة ج د

(٧٩) الحركة الدائرية * هي نوع من الحركة المركبة وتحصل من فعل قوتين احدهما تجذب الجسم نحو نقطة معينة والاخرى

تباعد عنها . وتُعرف القوة الاولى بقوة الجذب الى المركز والثانية
 بقوة التباعد عن المركز وهما يظهران جلياً في حركات الاجرام
 السماوية كما ترى : افرض ش الشمس (الشكل ٢٢) وب
 الارض قبالتها . فعلى فرض ان الباري تعالى دفع الارض لما خلقها
 فانها تنحرك الى الابد في خط مستقيم كالخط ب س حسب
 الناموس الاول من نوايس الحركة . ولكن جاذبية الشمس تقاوم
 تلك الحركة فلا تاذن للارض في الافلات منها فتقع الارض
 تحت فعل قوتين احدهما قوة دفع الباري لها كما فرضنا فتذهب
 بها وحدها الى س ومن ثم الى ما شاء الله . والاخرى جاذبية
 الشمس لها التي تجذبها من مكانها الى الشمس اي من ب الى
 جهة ش وهي القوة الجاذبة نحو المركز فتذهب الارض بينها اي
 في جهة ب د . اما حركة الارض بالقوة المعبر عنها بخط ب د
 فمركبة من قوتين ب ف و د ف ولكن ب ف لاتضاد جاذبية
 الشمس لكونها عمودية عليها فمضادتها لجاذبية الشمس يعبر عنها
 بخط د ف او ي ب . وهذه لابد ان تساوي قوة جاذبية الشمس
 لها ونسى القوة الاولى بقوة التباعد عن المركز والاخرى بقوة
 الجذب الى المركز وخط ب ي يدل على كليهما . وسيرها يكون
 في خط منحني لان جاذبية الشمس قوة دائمة الفعل تمنحها عن

خط مستقيم في كل لحظة حتى تتم الدائرة فلو بطلت قوة
التباعد عن المركز لكانت القوة الجاذبة اليه اي جاذبية الشمس
تجذب الارض اليها . ولو بطلت قوة الجاذبة الى المركز لفرت
الارض بقوة التباعد عنه وتاهت في فضاء هذا الكون

وامثلة ذلك كثيرة المشاهدة . فاذا دار حجر الرمي بسرعة شديدة تطاير



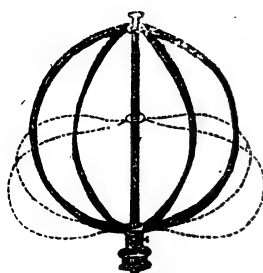
الشكل ٢٤

الماء عن جوانبه لان القوة الدافعة للماء تغلب على
جاذبية الالتصاق التي بينه وبين الحجر فتبعده عنه .
وقد تُنار هذه الحجار بسرعة عظيمة جداً في بعض
الاماكن حتى تغلب القوة الدافعة على جاذبية الملاصقة
التي بين دقائقها فتتمزق قطايرة ارباً ارباً * واذا
رُبط دلو ملآن ماء بحبل وأدير بسرعة لم يسقط الماء
منه مع انه ينقلب بدورانه الى فوق (الشكل ٢٥)
حتى لا ينفى مانع من انصباب الماء منه بجاذبية الارض
وذلك لان القوة الدافعة عن المركز تغلب على
جاذبية الارض للماء فلا ينصب من الدلو . واما اذا
ابطأ دوران الدلو فضعفت القوة الدافعة انصب الماء
حالا * واذا رُبطت اسنجة بحيط ثم بُلّت بماء وأديرت
بسرعة فالماء يطاير منها الى كل الجهات لان القوة
الدافعة تزداد حتى تغلب على جاذبية الالتصاق التي
بين الاسنجة والماء . وعلى هذا الاسلوب يخفف الافرنج
الثياب المغسولة بوضعها في آلات وادارتها بسرعة
فتمصر الماء منها بالقوة الدافعة . وقيل انه اذا أدير

التياب المخيفة الفأخس مئة دورة في الدقيقة ونشرت في الشمس بضع دقائق
تجفّ منها كانت مبتلة * اذاركص الحصان بسرعة في دائرة انحنى الى
داخل الدائرة لينام القوة الدافعة عن المركز

(٨٠) اهليجية الارض * قد تبين (عد ٧٩) انه حينما
وجد جسم يدور فلا بد من وجود القوة الدافعة عن المركز
هناك وانه بقدر ما يسرع في دورانه يزيد فعلها . ولما كانت
الارض سريعة الدوران جداً فالقوة الدافعة عنها عظيمة
جداً ايضاً . ولولا جاذبية الثقل التي تضادها فنجذب كل
ما على الارض نحو مركزها لفرّ الكلّ عنها الى جوف هذا الكون
الواسع * ثم ان القوة الدافعة تزيد في النواحي الاستوائية عما هي في
النواحي القطبية لسبب سرعة الاجزاء الاستوائية وبطء الاجزاء
القطبية في دورة الارض اليومية . فبهذه الزيادة تنحرف الاجسام
على خط الاستواء $\frac{1}{289}$ من وزنها على القطبين . وبها طرد الماء
من النواحي القطبية الى النواحي الاستوائية . وكبرت الارض
وانتفخت من النواحي الاستوائية وتسطحت من ناحيتي القطبين
فصارت اهليجية الشكل كالبرقنالة المنتفخة من وسطها والمنضغطة
من مغرز عرقها وما يقابله^(١) فلو ابطأت الارض في دورانها لعاد

(١) المظنون ان الارض كانت قديماً ذات مئة دائرة وانها لرب دورانها على محورها
انتفخت من وسطها وتسطحت من قطبيها فصارت شكلها اهليجياً . وقد قيس قطرها من قطب



الشكل ٢٥

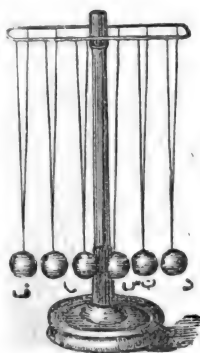
الماء الى النواحي القطبية وجعل كروية
الارض اتم ما هي عليه الآن * ويتضح
تسطح الارض بقوة التباعد عن المركز
من التجربة الآتية: ترى في الشكل ٢٥
صورة سيارتين معدنيتين مرتين

مصنوعين على شكل اطارين متصلين ومثقوبين بحيث يدخل
ثقبها في المحور ويتزلان ويصعدان فيه . فاذا ادير المحور فدار
الإطاران يتزلان وكلما ازدادت سرعة الدوران تسطحاً من ناحيتي
الثقبين واتسعا من وسطيهما كما في الشكل المار وسبب ذلك
قوة التباعد عن المركز كما هو ظاهر

(٨١) الناموس الثالث * ان الفعل يساوي الانفعال
ويعاكسه . يراد بالفعل تأثير الشيء في شيء آخر وبالانفعال او
رد الفعل رجوع ذلك التأثير وهما متعاكسان ومتساويان كما يتضح
من الامثلة الآتية

ان الطائر اذا طار ضرب الهواء بجناحيه الى الاسفل فيرد الهواء له مثل
ذلك فيجله . ففعل الطائر هو ضغطه الهواء الى اسفل ورد فعل الهواء هو رده
ذلك الضغط الى جناحي الطائر ورفع اياه الى الاعلى . وكذلك الملاح اذا
اراد تسير قاربه فانه يضرب الشاطئ بيليه فيرد له الشاطئ فعلة ويدفع قاربه
الى قطب ومن نقطة في خط الاستواء الى اخرى تقابلها فكان الاول اقصر من الثاني
اسنة وعشرين ميلاً

في الماء والساج بضرب الماء برجليه فترد له الماء فعلة ويدفعه الى الامام .
 واذا اريد اطلاق الرصاصة من البارودة يُشعل البارود فيكبر حجمه ويدفع
 الرصاصة الى جهة والبارودة الى جهة أخرى بزخم واحد . واما الرصاصة
 فتكون سرعتها اعظم من سرعة البارودة وتأثيرها اشد لانها اخفت من البارودة
 فيؤثر فعل البارود فيها اكثر مما يؤثر رد فعله في البارودة ولذلك يُخشى المخطر
 من اطلاق القنارات او الطلجيات لانها تكون خفيفة فتندفع برد النعل اندفاعاً
 شديداً وتلطم من يطلونها وربما آذنته . وكذا تفلت الاسلحة قل خطر لطمتها . واذا
 قفز رجل من القارب فالقارب يبعد عن الشاطئ برد النعل اذا لم يجترس
 الرجل لمنع ذلك . واذا قفز عن الارض دفعها عنه برجليه فترد له النعل
 وتدفعه عنها . فهو يبعد الارض والارض تبعده بزخم واحد ولكن سرعته في
 الابتعاد عنها اعظم من سرعتها في الابتعاد عنه بقدر ما هو اخفت منها . ولما
 كان اخفت منها كثيراً جداً كان ابتعادها عنه قليلاً جداً فلا يظهر الا ابتعادها
 عنها . واذا اراد ان يقفز عن ارض ليئة لم يقدر لانها تلين تحت رجليه فلا ترد
 فعلة . واما اذا قفز عن لوح على زنبرك فيقفز كثيراً لانه يرد له النعل حالاً .
 والناس يمشون على الارض برد النعل منها اليهم فكل خطوة يخطوها الانسان
 يهز بها الارض



الشكل ٢٦

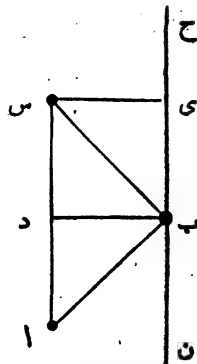
(١٢) ويتضح الانفعال من الكرات
 في الشكل ٢٦ . فهذه الكرات مصنوعة من
 العاج مجسم واحد ومعلق بعضها بجانب
 بعض بحيث يسهل عليها الخطران . فاذا
 رُفعت الكرة د ثم تركت تصدم الكرة ب
 فهذه تسكنها برد النعل اليها وتوصل الحركة

التي اكتسبناها منها الى س وهذه الى ر وهلم جرا حتى تنصل
الحركة بالفعل ورد الفعل الى ف فتدفع الفعل وتسكن التي
قبلها وتبعد في عنها بقدر ما أبعدت د عن ب أو لا إلا ما خسرت
بالاحتكاك. وإذا رفع الكرتان د و ب معا ثم تركنا حتى تصدما
س تسكنان ويرتفع كرتان ايضا من الجانب الآخر. وإذا رفع
كرتان من الجانب الواحد وكرة من الجانب الآخر فعند
المصادمة ترتفع كرتان على الجانب الواحد وكرة على الآخر
بعكس ما كان قبل المصادمة وذلك لان الكرتين غب نزولها
ترسلان قوة او زخم كرتين الى الطرف الآخر واما الكرة الواحدة
في الطرف الآخر فغب نزولها ترسل زخم كرة واحدة الى الطرف
الاول فتترفع كرة واحدة في الطرف الاول واثنان في الطرف
الثاني. فمن التجارب على هذه الآلة نتحقق ناموسين من النواميس
الطبيعية للأجسام اولهما ان القوة تفعل في جسم يمرورها في كل
دقائق الجسم واجزائه كما رأيت في هذه الأجسام المقاسة والامر
ظاهرا انه لا فرق بين ان تكون مماسة او ملتصقة جسما واحدا.
وثانيهما ان القوة تفعل كمقدارها اي اذا ازدادت يزداد فعلها
وبالعكس. ثم لو فرضنا اننا علقنا كرة بدل التي على الطرف
اليسر ثقلها مضاعف ثقلها ورفعنا الكرة على الطرف اليمين

المساوية للتي كانت قبلاً وتركناها لتصادم صف الكرات للحظنا
ان الكرة الاخيرة المضاعنة الثقل تنصف سرعتها ومن ذلك
نتحقق ايضاً ان السرعة نقل كازدياد المادّة اذا بقيت القوّة على
حالتها كما اشرنا الى ذلك عند الكلام على آلة أتود

(١٣) الحركة المنعكسة * هي الحركة التي يحدثها رد الفعل
من سطح اذا صادمه جسم مرّن . فاذا فرض ن ب ي ح في
الشكل ٢٧ حائطاً قد صادمه جسم مرّن آتياً في جهة اب
انعكس ذلك الجسم راجعاً في جهة ب س . فاذا رسم على ب
خط عمودي كالخط ب د فها يقسم الزاوية اب س التي

تحدث من وقوع الجسم وانعكاسه الى ح
زاويتين متساويتين احدهما اب د وتسمّى
زاوية الوقوع والاخرى دب س وتسمّى
زاوية الانعكاس . ومن ذلك هذا الناموس
وهو ان زاوية الوقوع تساوي زاوية الانعكاس
في الاجسام التامة المرونة

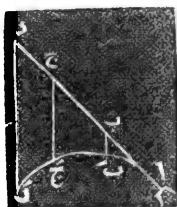


الشكل ٢٧

(١٤) الحركة المنحنية * اذا فعلت بجسم قوّة ان منقطعان
او اكثر فتتبعها خط مستقيم واما اذا كانت احدها منقطعة
والاخرى متصلة فتتبعها خط منحن . كما يشاهد في الحجر اذا رمي

فانه يسير بقوتين احدهما منقطعة وهي التي رمت بها اليد والاخرى متصلة وهي جاذبية الثقل ولذلك ينزل في خط منحني مالم يرم في خط سمي فانه ينزل في خط مستقيم

وكذلك اذا اطلقت قبلة من المدفع ا (الشكل ٢٨) حتى تصل في ثلاث ثوان الى د فان جاذبية الارض تجذبها في آخر الثانية الاولى الى ب وفي آخر الثانية الى ج وفي آخر الثالثة الى د فتذهب في الخط المنحني ا ب ج د وليس في الخط المستقيم ا ب ج د



الشكل ٢٨

(٨٥) الحركة الدائمة * لا يمكن الانسان

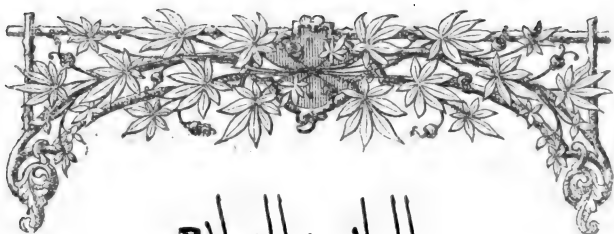
ان يصطنع آلة دائمة الحركة لانه لا يمكنه ان يصطنع آلة تحدث القوة من ذاتها كما يحدث الانسان القوة من ذاته . فلا تقدر آلة ان

تعمل عملاً مالم تفعل بها اولاً قوة خارجة عنها. وعما ذلك لا تخلو آلة من الاحتكاك الذي من شأنه ابطال الحركة (عد ٦٧). فلم يكن الامر ين لا يقدر الانسان ان يصنع آلة دائمة الحركة كما خلقه الباري تعالى دائم الحركة. وقد حاول كثيرون عمل آلات دائمة الحركة طمعاً بمنافعها فخابت مساعيهم

(٨٦) مسائل للتمرين * (١) اذا رمية رصاصة على وجه لوح واقف على جنبه ترميه واما اذا اطلقت عليه من بارودة فتثقب بدون ان ترحزه فما سبب ذلك . (٢) اذا فتح الباب بعض الفتح واطلقت عليه قبلة مدفع فقد تنفذ بدون ان تغلقه فما سبب ذلك . (٣) لماذا ينزل حديد القدوم في عصاه اذا

دقنت طرف العصا . (٤) اذا كنت في قطار (قابور الحديد) يسير بسرعة ٢٠ ميلاً في الساعة ووقف بك بفتة فبك من القوة تنذف عنه الى الامام . (٥) اذا رُميت كرة عن رأس برج عال وقعت شرقي الخط العمودي قليلاً فاسبب ذلك . (٦) سقط حجر عن رأس السارية والسفينة مسافرة في اي خطٍ يقع . (٧) ادعى صاحب كارة على صاحب مركبة بأنه عطل كارتة بمصادمة عربته لما وتخص دعواه ان سائق المركبة كان يحث السوق جداً فلما اصطدمت مركبة بكارتة سقط صاحب المركبة الى الامام على موطن قدميه . فلم تُم دعواه عند القضاة اذ تبين من تقريره انه هو الذي كان يحث السوق لاصحاب المركبة . فكيف تبين ذلك . (٨) وضع مدفع في آخر قطار مسافر بسرعة ٢٠ ميلاً في الساعة وحكم على موازاة طريق القطار والى الجهة المعاكسة لجهة سيره فاذا أطلقت منه قنبلة بسرعة مسير القطار فان نفع الجواب . حيث أطلق المدفع تماماً . وذلك لانها اكتسبت سرعة استمرار القطار المساوية لسرعتها تماماً ضد جهة سرعتها فلاشتها حتى صارت صفراً . (٩) شرع انسان ينفذ وهو على ظهر سفينة سريعة الجري لتكون قفزة اكبر اذا قفز في جهة جري السفينة او في عكس تلك الجهة . (١٠) لماذا تكون قفزة الراكض اكبر من قفزة الواقف . (١١) اذا سقط حجر عن رأس السارية والسفينة متحركة فهل يسقط في المكان الذي يسقط فيه لو كانت السفينة ساكنة . (١٢) اذا لعب جماعة بالطابة على ظهر سفينة تقطع ٢٠ ميلاً في الساعة فهل يلعبون بها كما يلعبون على سطح الارض من حيث رميها وتلقفها . (١٣) قلنا ان الفعل يساوي الانفعال فلماذا لا يخشى خطر لطفة البارودة كما يخشى خطر الرصاصة . (١٤) اذا اردت ان تنفذ من مركبة جارية بسرعة فهل تنفذ الى نفس البقعة التي تريد النزول اليها . (١٥) اذا اردنا ان نفوس عصفوراً طائراً فهل تضبط البارودة عليه تماماً . (١٦) اين تكون القوة الدافعة عن المركبة على اقلها على سطح الارض . (١٧) ما هو الدليل على ان الارض كانت

قدماً ذائبة . (١٨) ان السمك الحديدية يكون جانب منها اعلى من الجانب الآخر حيث تنعطف من ناحية الى اخرى . فالفرض من ذلك . (١٩) على اي مبداء يرى الحجر بالمقلع . (٢٠) لماذا تظاير الاحوال عن دولاب المركبات وفي جارية . (٢١) ان نهر مسيسي يتقرب الى مركز الارض $2\frac{1}{2}$ ميل أكثر من مصبو فصبه ارفع من نبعو بيلين وثلاث ميل وكان ماءه يجري صاعداً لانازلاً خلافاً لناموس جاذبية الثقل فاسبب هذا الخلاف . الجواب . لانه مرتفع عن مصبو باعتبار سطح الارض لا باعتبار مركزها . (٢٢) هل تنقص البيضة بالثقل او بالانفعال عند صدمها للحجر . (٢٣) سقط رجل من محل عال فقال ان علو السقطه لم يضرتني بل سرعة السكون في التي اضرتني فهل قوله صحيح . (٢٤) اذا نطح ولد ولداً آخر فايها يتألم أكثر من الآخر واذا صدم شخص شخصاً آخر فايها يكون تأثره بالصدمة اشد . (٢٥) وهل تختلف شدة الصدمة اذا اصطدم الشخصان وهما راكضان في جهتين متقابلتين . (٢٦) لماذا لا يمكن ان تطلق رصاصة حول جبل . (٢٧) لماذا تكون لطفة البارودة اضعف من لطفة الفرد . (٢٨) سحب رجل قارباً صغيراً وهو على ظهر سفينة كبيرة فكم تقدمت السفينة للرافة القارب . (٢٩) ربط خيط بأحد طرفي فحل ٢٧ رطلاً علقت بطرفه الآخر فاذا حلت الاطال عنه وامسك رجلان بطرفيه فكم يشد كل منهما حتى ينقطع الخيط . (٣٠) اذا وقف الانسان على اصابه في الميزان فهل ينثقل ثقله عما اذا وقف على رجله . (٣١) اذا ادبر فم مدفع الى سمت الراس واطلقت منه قنبلة والهواه هادى فاين تنزل القنبلة . (٣٢) صدمت باخرة محمولها اربعة آلاف قنطار وسرعتها ١٠ اقدام في الثانية صخرًا تحت الماء فباي زخم صدمته



الباب الرابع

في مبادئ الميكانيكيات

تمهيد

(١٧) الميكانيكيات فن يبحث فيه عن الآلات . والآلة هي كل ما ينقل تأثير القوة من عامل الى معمول به . وتسمى القوة التي تحرك الآلة محركًا . فاذا قصصت نفاحة بسكين مثلاً فقوة يدك التي تحرك السكين هي المحرك والسكين التي تنقل عمل يدك الى النفاحة هي الآلة * واذا جر حصاناً مركبةً فالحصان هو المحرك والمركبة التي تستخدمها قوة الحصان لنقل الاثقال هي الآلة * واذا ادارت الريج مطحنة او ادار الماء دولاباً او سير البخار سفينة فالريج والماء والبخار محركات والمطحنة والدولاب والسفينة آلات

فانصح ما نتدم أن الآلة لا تنفي عملاً من الاعمال الا اذا علمت بها قوة خارجة عنها لان الآلة لا تقدر ان تحدث قوة من نفسها ولا ان تزيد قوة على

القوة المحركة لما . ومع ذلك فلا يُستغنى عنها لانه بواسطتها تُستخدَم القوة بحيث
تفعل ما لا تستطيع فعله بدونها . ألا ترى ان الفاعل يقلب بالعجلة (المخل)
صخوراً لا يكاد يزحزحها بدونها مع ان قوته هي في كلا الحالين . هذا فضلاً
عن اننا نستعين بالآلات على استخدام القوات الطبيعية كالرُجج والماء والبخار
الخ . ونقسم الآلات الى قسمين بسيطة ومركبة فالبسيطة ستة وهي العجلة وتُعرف
بالمخل والدولاب والسطح المائل واللولب ويُعرف بالبرغي ايضاً والسنب
والبكرة . والمركبة تشمل اكثر الآلات وهي ما تتركب من البسيطة . وكل الآلات
ترد الى اثنين المخل والسطح المائل

واعلم انه يُعتبر في عمل كل آلة بسيطة امران القوة التي تحركها
والثقل الذي يرتفع بها . ولا بد لرفع الثقل من ان تفعل القوة
بقدر ما يفعل الثقل ولذلك اذا رفع الانسان بالبكرة ثلثاً عظيماً
بقوة قليلة اقتضى له وقت اطول ما كان يقتضي لو رفعه بقوة
عظيمة لان ما يربحه بالبكرة من جهة القوة يخسره من جهة الوقت^(١)
فلا بد ان يكون عمل القوة مساوياً لعمل الثقل طبقاً لنا موس

(١) من الاقوال المشهورة في المخل قول ارخميدس ودو : اعطوني داركاً ومغلاً
طويلاً وانا الكفيل بزحزحة الارض ونقلها من مكانها . وقد حسوا انه لو جعل
ارخميدس داركه نقطة مركز الثقل للارض والقمر معاً (وهي على نحو ٢٠٠٠ ميل من مركز
الارض) لكان طرف الساعد الذي يحركه ارخميدس من ساعدي المخل يقع بين النجوم
القوابت على بعد نحو خمسة عشر الف الف الف الف الف الف الف الف الف الف . فلو اراد
ارخميدس ان يظل الارض من مكانها قدماً واحدة فقط لافضى له ان يحرك المخل سبعة
وعشرين الف الف الف الف سنة وذلك على فرض انه يحركه بسرعة القنبلة المطلقة من
الدفع . لانه لا يربح من القوة ما لم يخسر من الوقت

الميكانيكات الآتي وهو: اذا ضربت القوة في البين الذي يتحرك فيه فحاصلها يعدل حاصل الثقل في البين الذي يتحرك فيه .
 مثاله اذا تحركت قوة تساوي رطلاً واحداً في بين ١٠ اقدام
 فذلك يعدل ثقل عشرة ارطال يتحرك في بين قدم واحدة اي
 ان $١ ط \times ١٠ = ١٠ ط \times ١$ واذا قد انتهينا من

هذا التمهيد نشرع في الكلام على

الآلات البسيطة

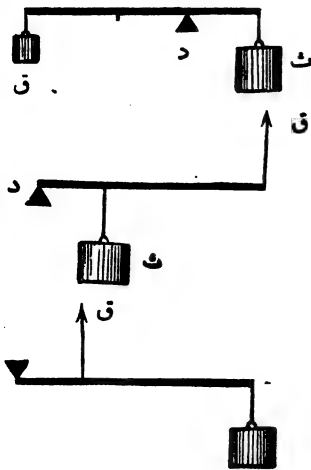
بالنصير

٢

الفصل الاول

في الخلل وتوابعه

(١٨) الخلل * هو قضيب من الحديد او نحوه يتحرك على نقطة تسمى داركا ويعتبر فيه خمسة امور القوة التي تحركه وبدل عليها في ما يأتي الحرف (ق) والثقل الذي يتحرك به وبدل عليه (ث) والدارك الذي يتحرك هو عليه وبدل عليه (د) وساعده وهما الجزآن الواقعان على جانبي الدارك

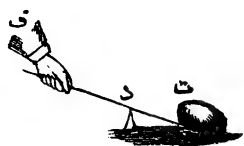


الشكل ٢١

(١٩) انواع الخلل * انواع الخلل ثلاثة. الاول ما وقعت فيه

القوة على طرف والثقل على آخر والدارك بينهما (الشكل ٣٩) والثاني ما وقعت فيه القوة على طرف والدارك على آخر والثقل بينهما والثالث ما وقع فيه الثقل على طرف والدارك على آخر

والقوة بينهما



الشكل ٤٠

(٩٠) النوع الأول من المخل *

إذا اردنا ان نرفع حجراً نضع تحته راس المخل ثم نضع تحت المخل

حجرًا د (الشكل ٤٠) ونشدُّ على طرف المخل عند ق . وهكذا يُسحب الماء بالطلباء فان قوة اليد ق والماء المسحوب ث والمحور الذي تدور يد الطلباء عليه د . ومثل الطلباء المنصُّ فانه مخل مزدوج من هذا النوع تحسب الاصابع فيه ق ومسماره د والشئ المراد قصه ث

(٩١) النوع الثاني من المخل * يمكن ان يرفع الحجر ايضاً



الشكل ٤١

بمخل من النوع الثاني كما في

الشكل ٤١ حيث فرض ان راس المخل قد أدخل تحت الحجر وأسند

الى الارض فتكون الارض تحت

راسه د والحجر على ما يلي راسه ث وقوة اليد ق ومن هذا النوع مجذاف السفينة فان اليد ق والسفينة ث ونحسب واقعة بين القوة والدارك د حيث طرف المجذاف على الماء

(٩٢) النوع الثالث من المخل * هو ما وقعت فيه القوة بين

الفتل والدارك كقصبة الصياد فان الصائد اذا مسكها بيديه
تكون اليد القريبة الى راسها ق والبعيدة عنه د والسمة ث .
وكالمِلَقَط فان كلاً من شعبتيه مختلفان من هذا النوع فيه ق شد اليد
ود وراهما مكان اتصال الشعبتين معا و ث ما بقي من الشعبة.



الفتل ٤٢

وكالآلة المرسومة في الشكل ٤٢ فانها تُدار بضغط الرجل على
الخشبة اب س فطرفها س المرتكز على الارض هود وضغط
الرجل ق وهي تنتقل على القضيب الى مكب الخيطان الذي
هو ث

(٩٣) ناموس الموازنة في الخمل * يتوازن الخمل اذا كان

ساعده المعلق به الثقل موازنا لساعده الناعلة به القوة وحيث
 يكون طول البين الذي يتحرك فيه الثقل او القوة وقصره بالنسبة
 الى طول ساعد كلي منها وقصره . مثال ذلك : اذا فرض ان
 ب ق بعد القوة عن د و ب ث بعد الثقل عن د . فان كان
 طول ب ق مضاعف طول ب ث لتحرك القوة في بين يعدل
 مضاعف البين الذي يتحرك الثقل فيه . وحسب ناموس
 الميكانيكات المتقدم ذكره يكون $ق \times ب = ث \times ب$ ث
 وبجمل هذه المعادلة الى نسبة اي يجعل احد جانبيها طرفين
 والجانب الآخر وسطين لنا

ق : ث :: ب : ب ق

تنبيه . ان النسبة المذكورة يكون فيها خلل قليل اذا لم يكن الدارك في
 الوسط كالميزان مع فرض الخلل من ثخن واحد وكثافة واحدة بداعي ان
 ساعدي الخلل غير متساويين طولاً فيميل الساعد الطويل القوة فتخل عن
 الموازنة بمقتضى النسبة . ونصح النسبة باضافة نصف ثقل الخلل الى كل من
 الثقل والقوة فيها . اذا جعلنا $\frac{1}{2}$ ث بدل على نصف ثقل الخلل تكون النسبة
 هكذا $ق + \frac{1}{2} ث : ث :: ب + \frac{1}{2} ث : ب ق$ كما يبرهن ذلك في المطولات
 ثم انه في النوع الثاني من الخلل يكون البين الذي يتحرك الثقل فيه اقصر
 من البين الذي يتحرك القوة فيولان الثقل اقرب من القوة الى الدارك . وفي
 النوع الاول بمثل ان يكون بين الثقل اقصر من بين القوة او اطول منه ولكن
 المعتاد ان يكون اقصر . وفي النوع الثالث يكون بين القوة اقصر من بين

الفتل . فلذلك يرمج العامل قوةً ويخسر وقتاً في النوع الأول والنوع الثاني ويخسر قوةً ويرمج وقتاً في النوع الثالث حسب النسبة المتقدمة

(٩٤) النَبَّان * هو مخلٌ من النوع الأول وتكون القوة فيه

عند ق والثقل عند ث والدراك عند س بينهما (الشكل ٤٣)

فاذا كان البعد بين س وب قيراطاً واحداً وبين س وق اثني عشر قيراطاً فحينئذٍ اذا تعلق رطلٌ عند ق وازن ١٢ رطلاً عند ث حسب النسبة المذكورة آنفاً . واذا كان عند دى صنارة

اخرى مثل س وعلق النَبَّان بها فحينئذٍ بصير الدراك عند دى .

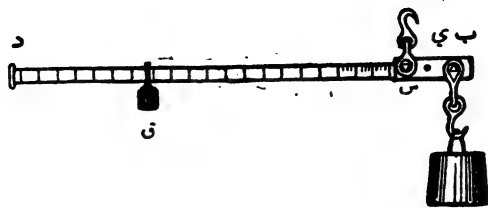
فاذا فرض بُعد هذا الدراك عن ث رُبع بُعد الدراك هـ س عن

ث فالرطل الواحد عند ق يوازن ٤٨ رطلاً عند ث . وعلى

ذلك قسموا قضيب النَبَّان الى درجات توافق هذين الوضعين

وجعلوا الدرجات الموافقة للوضع الواحد على جانب منه

والموافقة للوضع الآخر على جانب آخر

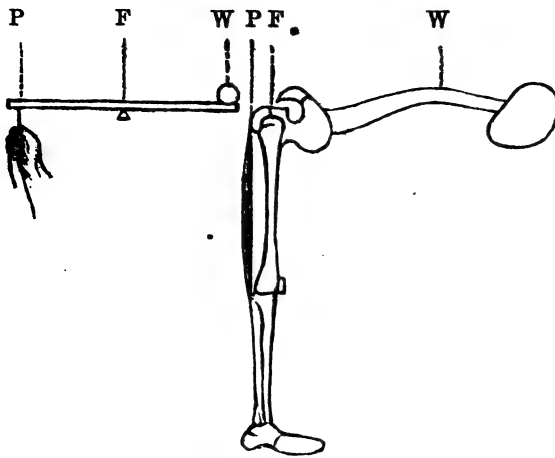


الشكل ٤٣

(٩٥) الميزان * الميزان آلة لمعرفة ثقل الاجسام وهو من النوع الأول

من الخلل يُحسب العبار فيه قوةً والموزون ثقلًا او بالعكس والدراك بينهما عند

المهار الذي تنزل الكتفان او تصعدان عليه . ويضبط الميزان بجعل ساعديه متساويين تماماً في الطول والشفل وجعل كفتيه متساويتين ايضاً حتى اذا كانتا فارغتين يكون ساعدها موازيين لسطح الافق . فاذا نقص شرط من هذه الشروط وقع فيه المخلل وكان من ميازين الغش . الا انه قد يستعمل الوزن الصحيح بميزان الغش وذلك بأن نضع الموزون في كفة ورملاً او حصى او ما اشبه في الكفة الاخرى حتى يتوازنا تماماً . ثم تبدل الموزون بميات توازن الرمل او الحصى فيعرف ثقل الموزون منها . وللميزان انواع كثيرة على المبدأ المتقدم وسباني ذكر نوع منها (عد ٩٧)

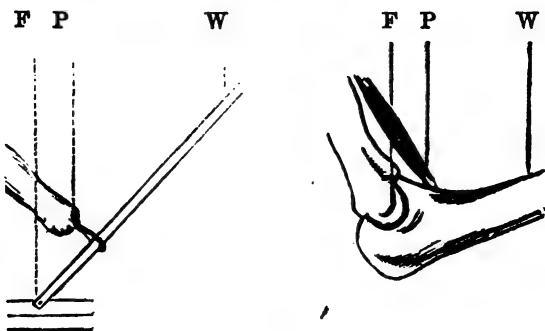


الشكل ٤٤

(٩٦) اعضاء الانسان امثال * ان كثيراً من اعضاء الانسان يهتز على مبدأ المخل فاذا اراد الانسان ان يحصب بعد الانحاء مثلاً اتصب على مبدأ النوع الأول وكانت عضلات الفخذ ود راس الفخذ و ث الجذع كما في الشكل ٤٤ . واذا اراد ان يفتح فم ففتح على مبدأ النوع الثاني وكانت ق

(١) P القوة . F الدارك . W الثقل في هذين الشكلين ٤٤ و ٤٥

العضلات التي يخفض بها الفك السفلي وث عمل العضلات التي تطبق الفم ود المفصل بين الصدغ والفك . وإذا قبض ساعده على عضده قبضة على مبدأ النوع الثالث فان عضلة قوية من عضلات ذراعه تندغم في الساعد على بعد نحو قيراطين من المفصل المرفقي . ومن هذا المفصل الى مركز الكفت نحو



الشكل ٤٥

ثلاثة عشر قيراطاً فتحسب العضلة ق (الشكل ٤٥) والمفصل المرفقي د واليد وما يحمل بها ث . ولذلك يكون ث $12 \times$ ق $2 \times$ حسباً مرّ في ناموس الموازنة (عد ٩٢) ثم ان ١٢ قيراطاً تساوي ست مرّات ونصف مرّة قيراطين فلا ترفع هذه العضلة رطلاً من الثقل الا بقوة ستة ارطال ونصف وذلك خسارة في القوة ولكنة ربيع في الوقت (عد ٩٢) . ولما كان مطلوب البشر السرعة في الاعمال جعلت العناية الالهية ايديهم موافقة لمطلوبهم



الشكل ٤٧



الشكل ٤٦

(٩٧) الخلل الخفي * هو

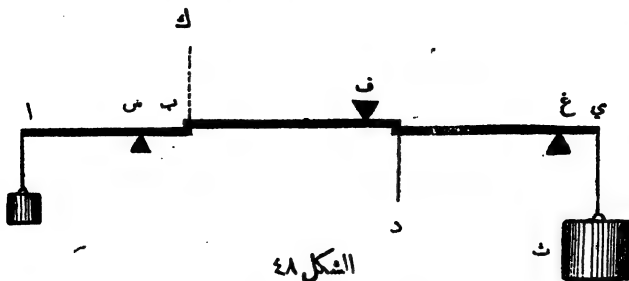
ما ليس ساعده في خط واحد مستقيم كالشاكوش اذا استعمل لقطع المسامير على ما نرى في الشكل

٤٦ . وبحسب طول ساعديه الشكل ٤٦ الخطّين المستقيمين اللذين يرمان من الدارك الى

مقابلة كل من الثقل والقوة

ويستعمل المخل المتخفي في بعض انواع الميزان ايضاً كما ترى في الشكل ٤٧
 فان ا ب س مخل مخفي طرفه س منقل بثقل ثابت . وهذا المخل يدور
 على الدارك ب الذي هو مسار في العمود ب ف فيتحرك طرفه س على
 الربع المنقسم ف غ المتصل بالمحور . واما طرفه الآخر ا فتعلق به الكتلة ي .
 فاذا أريد الوزن ي بوضع الموزون في ي فيعرف ثقله من موقع س على
 درجات الربع المنقسم على عبارات معروفة

(٩٨) المخل المركب * هو ما تركب من عدة امخال على شكل
 ان ساعد الواحد الاقصر يفعل بساعد الثاني الاطول وهلم جراً
 الى الاخير كما ترى في الشكل ٤٨ . فاذا كان بعد ا عن الدارك
 س اربعة اضعاف بعد ب عنه فتوة خمسة ارطال عند ا ترفع
 ثقل ٢٠ رطلاً عند ب واذا كان ساعدا ب د وهو المخل الثاني
 من المخل المركب مناسبين لساعدي المخل الاول في الطول فتوة

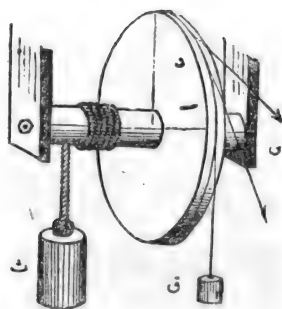


الشكل ٤٨

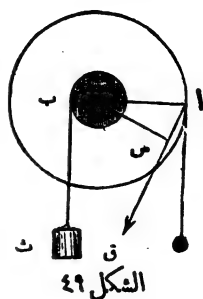
٢٠ رطلاً عند ب ترفع ٨٠ رطلاً عند د وكذلك فتوة ٨٠
 رطلاً عند د في المخل الثالث د ي ترفع ٢٢٠ رطلاً عند ي .

فبالخل المركب ترفع قوة خمسة ارطال ٢٢٠ رطلاً من الثقل .
غير انه اذا أريد رفع هذا الثقل قدماً واحدة لزم ان تهبط القوة
٦٤ قدماً . ويصح ان يستعمل الخلل البسيط اذا كان طويل
الساعتين عوضاً عن الخلل المركب ولكن المركب يفضل عليه
لانه اخف منه ثقلاً واسهل استعمالاً . ويستخدم لوزن البضائع
عند اصحاب الارتال ونحوها

(٩٩) الدولاب والجزع * الجزع في اصطلاح هذا الفن
اسطوانة داخله في وسط الدولاب ومنحذة به اتجاهًا محكمًا وكلاهما
يدور على خط مستقيم يمر بمركزي قاعدتي الجزع ويسمى المحور . وهما
ضرب من الخلل . مثال ذلك خنزيرة البير التي يسحب الدلو



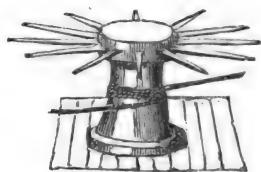
الشكل ٥٠



الشكل ٤٩

عليها ففيها تفعل القوة بواسطة مقبض الخنزيرة وبحسب الدلو
ثقلًا والمحور داركًا . وطول اليد من المقبض الى محور الخنزيرة ساعد
الخلل الاطول ونصف قطر الجزع ساعة الاقصر وليس فيها

دولاب بل يعتبر مقبض الخنزيرة دولاباً والخنزيرة جزءاً. ويظهر
الدولاب والجزع جلياً من الشكل ٤٩ وهو صورة منقطعها عرضاً
فالحرف د يدل على الدارك ود ا على الساعد الأطول ود ب
على الساعد الأقصر و ث على الثقل و ق على القوة. وهذه صورة
الدولاب والجزع كاملة (الشكل ٥٠) فترى الثقل ث ملتصقاً فيها
على الجزع والقوة ق مدلاة عن جانب الدولاب. واما الشكل ٥١
فيدل على الآلة التي تُرفع بها مرساة السفينة من البحر. وذلك
بإدارة الجزع بواسطة القضبان الناثثة منه فيلتف الزنجير عليه
واما الشكل ٥٢ فصورة آلة تستعمل غالباً لنقل الابنية وبديها
حصان

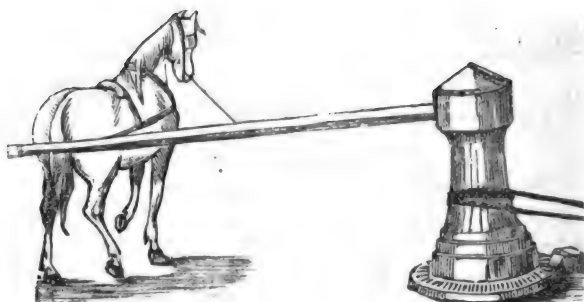


الشكل ٥١

(١٠٠) وإعلم ان للدولاب
والجزع مزبة على المحل يكون عملها
مستمراً بخلاف المحل فانه يلزم فيه
ان يُسند الثقل ويجدد وضع المحل
كل قليل كما يشاهد في قلع الصخور ونحوها فيكون عمله منقطعاً.
ولذلك يسمى الدولاب والجزع ايضاً المحل الدائم العمل

(١٠١) ناموس الموازنة في الدولاب والجزع * كلما ادركنا
الدولاب دورة يلتف الحبل حول الجزع لفة ويرتفع الثقل بندر

طول تلك اللقنة . فحسب ناموس الحركة وهو ان الزخم = المادّة



الفكل ٥٢

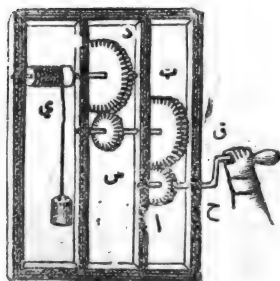
X السرعة ولكون زخم القوة يقتضي ان يساوي زخم الثقل لكي يتوازنا ومحيط الدولاب هو سرعة القوة ومحيط الجزع سرعة الثقل لنا القوة X محيط الدولاب = الثقل X محيط الجزع . ولما كان محيط الدائرة الواحدة الى محيط الدائرة الاخرى ك نصف قطر تلك الدائرة الى نصف قطر هذه ^(١) فلنا

ق : ث :: نصف قطر الجزع : نصف قطر الدولاب
فاذا كان نصف قطر الجزع ٦ قراربط ونصف قطر
الدولاب ٢٤ قيراطاً فالثقل اربعة اضعاف القوة

(١) محيط الدائرة هو المخطط المستدير الذي يرسم حولها . ومركزها هو نقطة في وسطها جميع المخطوط الخارجة منها الى المحيط متساوية . وقطرها هو كل خط يرسم من جانب من محيطها الى جانب آخر ماراً بمركزها . ونصف قطرها هو نصف ذلك المخطط مرسومًا من المركز الى المحيط . فيقدر ما يطول نصف قطر الدائرة يتسع محيطها

(١٠٢) الدولاب المركب هو ما تركب من عدة دولاب
وجزوع تفعل بعضها ببعض على مبدأ المخل المركب. وذلك بأن
تكون الدولاب والجزوع مسننة فتدير اسنان جزع الدولاب
الواحد اسنان الدولاب الآخر فيدور هو وجزعه. ثم تدبر
اسنان جزع هذا اسنان دولاب آخر فتديره هو وجزعه ايضاً
وهلم جراً حتى يتصل فعل القوة الى الثقل

تستعمل الدولاب نفسها لادارة بعضها البعض ايضاً كما ترى في الشكل
٥٣. فتسمى التي توصل المحركة الى المحيط مثل ا وس السائقة والاخرى
مثل ب ود المسوقة وتحسب اليد ق ح من الدولاب المسوقة والجزوع
من السائقة. فاذا كان ق ح ١٢ قيراطاً ونصف قطر الدولاب السائق ا
قيراطين وفعل الانسان بقوة رطل واحد تصير القوة على الدولاب ب
٦ ارطال. واذا فرض نصف قطر الدولاب السائق س قيراطين ايضاً ونصف
قطر المسوق ب ١٢ قيراطاً تصير القوة التي كانت ٦ ارطال على ب ٢٦
رطلاً على د وتوازن ثقل ٢١٦ رطلاً على الجزع ي الذي نصف قطره
قيراطان. اي ان قوة رطل واحد توازن ثقل ٢١٦ رطلاً الا ان هذا الثقل
لا يتحرك الا $\frac{1}{216}$ من المسافة التي تتحرك فيها

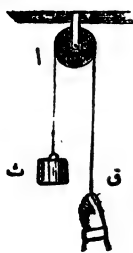


الشكل ٥٣

القوة. فان رجحة بالدولاب المركب من رفع
ثقل عظيم بقوة صغيرة يعادل ما نخسره من
الوقت على رفع ذلك الثقل. واذا اردنا
العجلة زدنا القوة وجعلناها تفعل بالجزع
عكس ما تقدم كما هو شائع في المعامل حيث
يدور دولاب الماء او غيره بزخم شديد

فيدير بقوة العظيمة غيره من الدواليب والمغازل بسرعة شديدة

(١٠٢) البكرة * البكرة ضرب من المخل يدور على محور ثابت هوداركة وهي عبارة عن دولاب في حرفه محز يتزل فيه المخل او نحوه. وفائدتها تظهر بما ياتي. اذا اردنا ان نوصل القوة من محل الى آخر بالآلات فعلنا ذلك اما بالدفع او بالسحب. اما الدفع فنستخدم له الاجسام الصلبة كالمخل واما السحب فنستخدم له الاجسام اللينة كالحبال والوتار والخيوط



الشكل ٥٤

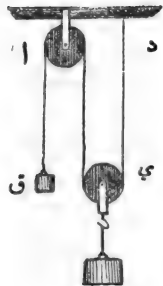
ونحوها. ويمتاز السحب على الدفع بأنه مع ابصاليه القوة كالدفع يمكن فيه تغيير جهتها كما في البكرة الثابتة المفردة (الشكل ٥٤) فهذه مخل من النوع الاول متساوي الساعدين. فلا يبرج بها قوة ولا سرعة لان اليد ق تسحب نازلا بقدر صعود الثقل ث وكلاهما يتحرك بسرعة واحدة ولكنها مع ذلك كبيرة الفائدة كما ينضح من رفع الرايات من على الارض الى رؤوس السواري مثلاً. فلولاهما لا يلتزم البحري او غيره ان يخاطر بنفسه الى راس السارية لرفع الراية. واذا وضعت بكرتان ثابتتان كما



الشكل ٥٥

في الشكل ٥٥ ولت حولها
حبلٌ ثم رُبط ثقلٌ بأحد
طرفيه وحصان بطرفه الآخر
وسبق الحصان ارتفع الثقل
بقوة الحصان عن الأرض إلى
العلو المراد

(١٠٤) البكرة المنحركة * تستعمل البكرة أيضاً منحركة وهي

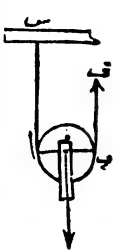


الشكل ٥٦

التي ترتفع على الخيط فيرتفع الثقل معها وتكون
أما مفردة أو مركبة . فمثال المفردة الشكل ٥٦
حيث أ بكرة ثابتة وي المعلق الثقل بها بكرة
منحركة . ولا يخفى أن نصف الثقل معلق بالخيط
دي والنصف الآخر تحمله القوة ق بالخيط

أي . فالقوة إذا توازن الثقل في البكرة المنحركة المفردة إذا ساوت
نصفه فقط ولكن يكون البين الذي يتحرك فيه مضاعف البين
الذي يتحرك فيه الثقل وذلك لا أشكال فيه . أي أننا نرجح بها
قوة ونخسر وقتاً

ولزيادة أيضاً ذلك نقول إن أ (الشكل ٥٧) في البكرة بمنزلة
الدارك في الخل ور بمنزلة الثقل فاعلاً في جهة الخط ور وب القوة . فهذه
البكرة من النوع الثاني من الخل ويصدق عليها ما قبل عنه . ولما كان الثقل



فيها واقعا في منتصف البعد بين الدارك والقوة تحصل الموازنة
اذا سارت القوة نصف الثقل

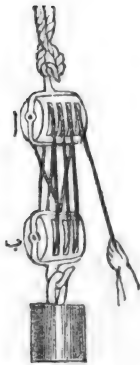
(١٠٥) البكرة المركبة * اذا نظرت الى الشكل

٥٨ وجدت ان الثقل معلق بخيوط على عدة بكرات

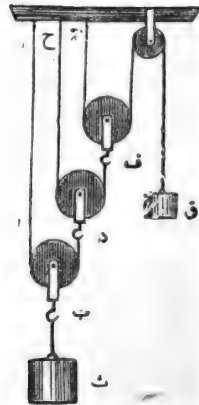
مركبة معا فالبكرة ف تحمل ثقلا بقدر مضاعف

القوة ق (عد ١٠٤) والبكرة د تحمل ثقلا الشكل ٥٧

مضاعف ما تحمله ف كذلك والبكرة ب مضاعف د. فتكون



الشكل ٥٩



الشكل ٥٨

القوة في نظام هذه البكرات موازنة لثقل اكبر منها بثمانية اضعاف.

فقوة رطل واحد توازن ثقل ثمانية ارطال ولكنها لا ترفع الثقل

قيراطا واحدا حتى تنزل ثمانية قراربط على ما علمت * وتركب

البكرات على هيئات اخرى منها الشكل ٥٩ وهو يدل على

البكرات المستعملة عند العاملين بالآلات

(١٠٦) ناموس الموازنة في البكرة * في كل نظام من
نظامات البكرة يفقد نصف القوة تقريباً بالاحتكاك فلا
يؤدي المرام وأكثر النظامات المستعملة يكون
الثقل فيها مساوياً للقوة مضروبة في
مضاعف عدد البكرات
المتحركة

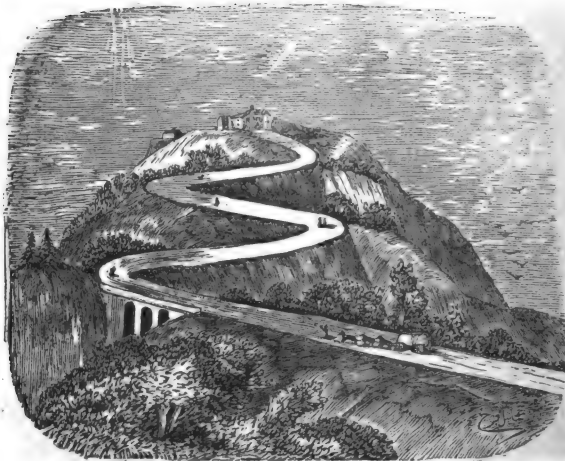
٢

— 1881 —

الفصل الثاني

في السطح المائل وتوابه

(١٠٧) السطح المائل * اذا اردنا ان نرفع حملاً ثقيلاً الى مركبة او حجراً ثقيلاً على ظهر رجل ولم نقدر على رفعه لثقله نصل بين المركبة او ظهر الجمل والارض بخشبة مائلة ثم نقلب الحمل او الحجر عليها حتى يصل الى العربة او ظهر الجمل . فسطح الخشبة هذا يسمي سطحاً مائلاً . واذا اردنا ان نصعد من الارض الى عليّة



الشكل ٦٠

نصل بينها بسلم فالسلم سطح مائل وانما درجها واسطة لتسهيل الصعود عليها. ومثل ذلك اذا صعدت المركبات او الدواب في الجبال فانها تدور في الغالب على سطح مائل كما ترى في الشكل ٦٠ قبل ان في ابركا الجنوبية طريقاً مصنوعة على سطح مائل طولها ستة اميال وتقد من كالاو الى ليا في طول ٥١١ قدماً. وفي من اطول السطوح المائلة في الارض وانتها

(١٠٨) ناموس الموازنة في السطح المائل. اذا فرضنا ق في الشكل ٦١ القوة ون الثقل موضوعاً على عجلة وس بكرة ينسحب الثقل عليها واس سطحاً مائلاً فالقوة لا ترفع الثقل الى علو ب س مالم



الشكل ٦١

تمهبط في مسافة تساوي اس. وحسب ناموس الميكانيكات ق \times طول السطح المائل = ث \times علو السطح المائل. فبجل ذلك الى نسبة يكون

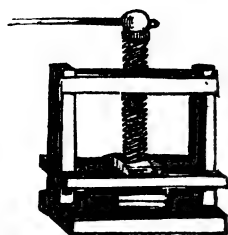
ق : ث :: علو السطح المائل : طوله

فاذا اردنا ان ندحرج حجراً ثقله ٢٠٠ افة الى ظهر جبل علوه ٣ اقدام عن الارض على سطح مائل طوله ١٢ قدماً لنرم لنا قوة ٥٠ افة اي ربع الثقل فقط لان القوة : ٢٠٠ افة :: ٣ اقدام

١٢ : قدماً بالقوة = ٥٠ أقة . فكأننا بدحرجة الحجر على السطح
 المائل خففنا ثقله حتى صار ربع ما كان . ولكن ما نكسبه من
 تخفيف الثقل نخسره في قضاء الوقت لاننا ندحرج الحجر على
 السطح المائل مسافة ١٢ قدماً ولورفعناه دفعة واحدة لرفعناه
 مسافة ٢ اقدم اي ربع تلك المسافة فقط * واذا جر حصان
 مركبة في طريق طالعة وكان كلما سار في الطريق ١٠٠ قدم
 يرتفع قدماً واحدة في العلو فلا يبذل من القوة على جر المركبة الا
 ما يساوي $\frac{1}{100}$ من ثقلها . هذا علما ما يقتضيه الاحتمكك * واذا
 تدحرج جسم من شاهق الى الارض على سطح مائل يكون معدل
 سرعته عند وصوله الى آخر السطح المائل اي التي يكتسبها
 بالاستمرار في آخر السطح يساوي معدل سرعة الجاذبية عند
 وصوله الى الارض لو هبط من الشاهق الى الارض في خطٍ
 عمودي

ان في جوار بحيرة لوسرن بسويسرا غابة من شجر السنديان على راس جبل
 شامخ من جبال الالباء يعد اليها الناس وينطمون شجرها ثم يزحفون فيترل
 مصافة ثمانية اميال في ثمان دقائق ويسير في قناة من الخشب الى الماء فتعظم
 سرعته جداً في نزوله حتى يسمع له صوت كالرعد الناصف واذا اتفق ان شجرة
 اقلنت من القناة تحطمت كل تحطم

(١٠٩) اللولب * اللولب ويُعرف بالبرغي أيضاً آلة مركبة من اسطوانة و سطح مائل ملتف حولها وتُعرف الاسطوانة بالجسم والسطح المائل بالخيوط (الشكل ٦٢) ويدخل اللولب في جوزة



الشكل ٦٢

ذات خيوط معاكسة للخيوط بحيث تدخل خيوطه في خيوطها فتدور في عليه او يدور هو عليها . وتعمل القوة به او بها حسبما يتفق بمفتاح او مخل.

وهو كثير الاستعمال في المعاصر لعصر

الزيتون والتفاح والعنب وبزر الكتان وقصب السكر ونحوها . ولطبع المكاتب في المطابع وسك النقود وما شاكل . وفي الملازم وفي رفع الابنية وغير ذلك

(١١٠) ناموس الموازنة في اللولب * اذا فعلت القوة

بطرف مخل لولب رسمت دائرة نصف قطرها طول المخل ومحيطها البين الذي تدور فيه القوة ورفعت الثقل في كل دورة بقدر البعد بين خيط وآخر من خيوط اللولب . فيحسب ناموس الميكانيكيات $ق \times محيط الدائرة = ث \times البعد بين خيط وآخر$ اي ان

ق ، ث " البعد بين خطين : المحيط

وعلى ذلك تزداد قوة اللولب اما بتطويل المحل او بتقليل
البعد بين الخيوط



الشكل ٦٣

(١١١) السفين * السفين آلة ذات
سطحين مائلين يلتقيان في خط (الشكل ٦٣)
ويستعمل لشق الحطب وقلع الصخور ورفع
السفن لاجل اصلاحها وغير ذلك . وعلى
مبدأه تستعمل الآلات الناقبة والناطحة
كالابرو والمسامير والمواسي ونحوها

(١١٢) ناموس الموازنة في السفين *

هو كناموس الموازنة في السطح المائل اي

ق : ث :: سبك السفين : طولو

ولكن هذا الناموس لا يصدق عملاً فان قوة السفين اعظم
جداً مما يقتضيه . لان الاحتكاك الذي ينقص قوة السطح المائل
وغيره من الآلات الميكانيكية يزيد السفين قوة ولولاه لكان
السفين يرتد من موضعه بعد كل ضربة فيذهب تعب الضارب
سدى . وايضاً لان القوة الفاعلة بغير السفين من الآلات
الميكانيكية هي قوة ثابتة على حال واحدة واما القوة الفاعلة

بالسفين فهي ضربات متقطعة تساوي زخم المطرقة الطارقة
عليه

الخاتمة * ان ما تقدم عن الآلات الميكانيكية يصدق عليها نظراً لاعمالاً
وذلك لاننا كنا نعتبر المخل مثلاً عدم الثقل والواقع ان له ثقلاً ينبغي الالتفات
اليه عند التحقق في الحساب. وكنا نفرض المخل وغيره من الآلات تامة
القساوة لاتلين ولا تنضغط وحبال البكرات وخيوطها تامة اللبونة لا يقتضي لبها
ادنى قوة. وكنا ننقطع النظر عن الاحتمالك فحسبه غير موجود والصحيح ان هذه
كلها موجودة وبقتضي الالتفات اليها عملاً * هذا ومع ان الغرض من الآلات
الميكانيكية رفع الاثقال فلا يبحث في هذا الفن عن القوة اللازمة لرفع الثقل بل
عن القوة اللازمة لموازنته كما تقدم وذلك لانه متى حصلت الموازنة فاقبل زيادة
على القوة ترفع الثقل فتنبه

(١١٢) مسائل للتمرين * (١) لماذا يصح ان يسمى مجلف القارب
مخلًا وكذلك الباب. والسقاطة. والرفش. والحرقفة. والمقص. والمجرّد.
والملفط. والميزان. والمنكلة (الشكل ٦٤) ومكسر الجوز
والبنديق ونحوهما. والمعوّل اذا تحركت معه الذراع من
الكتف. (٢) اذا مسكت بطرف السلم ونصبتّه على



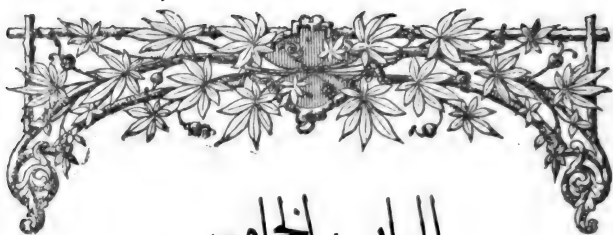
الشكل ٦٤

المحاط فكيف تبين انك تنتقل برفعك من النوع الثاني الى النوع الثالث من
المخل. (٣) لماذا يزيد ألم القرص بشعبي الملفط قرب ملتقاهما عن ألم القرص
بها قرب طرفيها. (٤) اراد رجلان ان يحمل ٢٥٠ اقة من الحرير بعود على
كتفيهما طوله عشر اقدام فاين يعلنان الحرير حتى يحمل احدهما ٥٠ اقة فقط.
(٥) عندنا مخل من النوع الاول طوله ست اقدام و مرادنا ان نجعل قوة رطل
واحد توازن عليه ٢٢ رطلاً من الثقل فاين نضع داركه. (٦) اراد زيد ان

برفع صندوقاً على دولاب قطر جزع قدم وطول بدو ٢ اقدام فا القوة لذلك .
 (٧) اذا وازنت ثقل ٢٠٠ افة قوة مئة اوقية على دولاب قطره ٦ اقدام فكم
 يكون قطر جزعه . (٨) كم بكرة متحركة ترفع ٢٠٠ رطل من الثقل بقوة ٢٥
 رطلاً . (٩) كم رطلاً من الثقل يرتفع بمئة رطل من القوة على نظام مؤلف من
 اربع بكرات متحركة وبكرة ثابتة لتغيير جهة القوة . (١٠) كم من الثقل يرتفع
 بقوة حصان^(١) واحد تسحب بنظام من البكرات كالنظام المرسوم في الشكل ٥٦ .
 (١١) رفع زيد ٢٠٠ افة بقوة ٢٥ رطلاً على لولب طول بدو ٢ اقدام فكم كان
 البعد بين خيوطه . (١٢) وازنت قوة ١٢ رطلاً ١٦ رطلاً على سطح مائل
 طوله ١٦ قدماً فكم كان طوقه . الجواب (عدد ١٠٨) $12 \times 16 + 16 = 208$ علو
 السطح اذا علو السطح $= 12$ (١٣) اراد عمرو ان يرفع حجراً ثقله ٨٤ رطلاً الى
 ظهر جملة على ارتفاع اربع اقدام عن سطح الارض وقوة عمرو ٢٤ رطلاً فقط
 فكم يجب ان يكون طول المعارضة التي يدرج الحجر عليها . (١٤) عندنا قوة
 ١٠٠ رطل ولولب طول بدو اربع اقدام والبعد بين كل خططين من خيوطه
 ثلاثة ارباع القيراط فكم من الثقل يرتفع بها . (١٥) طول قبان من صنارة
 الدارك الى الطرف الذي تصل اليه القوة قدما وبعد صنارة الدارك عن
 صنارة الثقل قيراطان والقوة عليه رطل فالى كم من الارطال يوزن عليه
 (انظر عد ٢٤) . (١٦) كيف يمكن ان يستعمل الرفش في حفر الاراضي على
 مبدأ كل نوع من انواع المحل الثلاثة . (١٧) لماذا لا يصنع ملفط الحداد
 والملقط الاعنبدادي على مبدأ واحد . (١٨) طول محل من النوع الثالث ١٢
 قدماً وبعد ث عن د ٢ اقدام وق ٥٠ رطلاً فكم رطلاً من الثقل توازن عليه .
 (١٩) طول محل من النوع الاول ١٢ قدماً وبعد د عن ث ٢ اقدام وق ٥٠

(١) قوة الحصان الواحد في الميكانيكات تساوي قوة ترفع ٣٣٠٠٠ ليبرا اي نحو
 ٦٠ قنطاراً قدماً واحدة في دقيقة واحدة بدون معونة الآلات

رطلاً فكم رطلاً من الثفل توازن عليه . (٢٠) عندنا دولاب وجزع فاذا
 كانت ق = ٤٠ رطلاً و ث = ٢٤٠ رطلاً وقطر الجزع = ٨ فراربط فكم
 محيط الدولاب . (٢١) اذا فرضت ق = ٢٠ رطلاً و ث = ٢٤٠ رطلاً وقطر
 الدولاب = ٤ اقدام فكم محيط الجزع . (٢٢) قطر الجزع ١٠ فراربط وق
 ١٠٠ اوقية و ث ١٢٠٠ اوقية فما قطر الدولاب . (٢٣) اي قوة تحمل ٢٧٨٠
 رطلاً بست بكرات ونحوها واحد يرفع عليها كلها . (٢٤) كم بكرة
 متحركة تحمل ٤٢٠ رطلاً من الثفل اذا فرضت
 القوة ٢١٠ ارطال



الباب الخامس

في ضغط السائلات

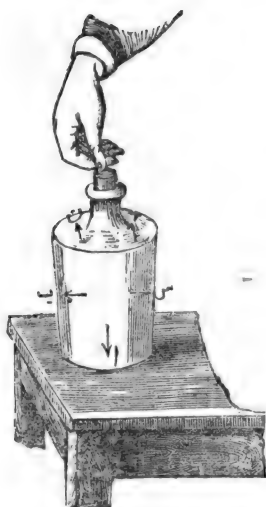
الفصل الاول

في الماء الساكن او المهدروساتك

(١١٤) المهدروساتك لفظه مشتقة من اليونانية معناها موازنة الماء. وهي فن يبحث فيه عن موازنة السائلات الساكنة وضغطها. ولما كان الماء اعظم السائلات مقداراً كان ايسرها استعمالاً في التجارب الفلسفية ولذلك يتخذ نائباً عنها كلها

(١١٥) تساوي ضغط السائلات * اذا ضغطت السائلات اوصلت الضغط بالتساوي الى كل الجهات . ويسمى ذلك ناموس باسكال لان باسكال كشفه وهو اشهر نواميس السائلات. وبيانه ان دقائق السائلات سهلة الحركة بعضها على بعض فاذا ضغطتها قوة فلا احنكك ينقصها بل تنصل بالتساوي الى الاعلى والاسفل وبقية الجهات

والدليل عليّ أنه اذا ملأت قنبنة ماء وسددتها بقلبنة وضغطت القنبنة بقوة اوقية انتقل الضغط على دقائق الماء من دقيقة الى أخرى . فاذا كانت



الشكل ٦٥

مساحة القنبنة قيراطاً مربعاً فالضغط لكل قيراط مربع من القنبنة عند ن (الشكل ٦٥) او ا او ب او س يساوي اوقية . ولذلك اذا كانت مساحة السطح الداخلي من القنبنة مئة قيراط مربع فضغط الاوقية الواحدة للقنبنة يصير مئة اوقية من القوة داخل القنبنة فيكاد يكسرها

(١١٦) انتقال الضغط على

السوائل * ان انتقال الضغط على

السوائل قد يكون اتم من انتقاله

على الجوامد كما يتضح مما يأتي: لنُدخل اسطوانة من الرصاص في

انبوبة مستقيمة ا ب في الشكل ٦٦ وليجعل مدك في طرف

الانبوبة فاذا حرّكت المدك فـ

الشكل ٦٦

قوة عند و انتقل فعلها

هنا الى ف بدون ان يتنص شيء منه . واما اذا ادخلت اسطوانة

منحنية من الرصاص في انبوبة منحنية كما في الشكل ٦٧ ثم ادخل

مدك في الاسطوانة وحرّكته قوة عند و فيذهب فعلها هنا في

جهة السهم ولا يصل منه الى ف الا القليل . هنا في الجامد

واما في السائل فاذا ملئت الانبوبة المنحنية ماء ونزعت اسطوانة الرصاص منها وحركت القوة المذكورة عند و ففعلها يتصل الى

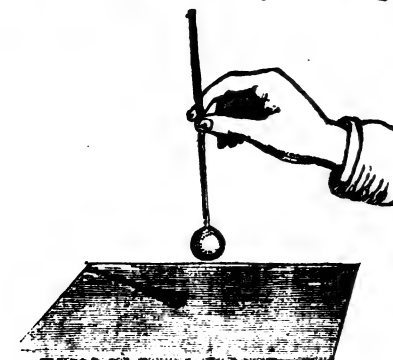
ف بدون ان ينقص شي منه



الشكل ٦٧

ان البكرة وخيوطها والمخل

وغيرها من الآلات الميكانيكية ينفد فيها نحو نصف القوة بسبب الاحتكاك واما السائلات فلا ينقص فيها ما يشعر به من القوة ويتبين ذلك جليا ما اذا اخذنا



الشكل ٦٨

زجاجة ذات بلبوس وانبوبة (الشكل ٦٨) وملأناها ماء

كما ملأ الترمومتر على ما سيجيء ثم انزلناها من بين الاصابع

بحيث يضرب بلبوسها الارض ولا تنكسر فانه يمكن ان تدق

حينئذ بقوة عظيمة على سطح

مستوي ولا تنكسر لان الزجاج

يوصل اثر الدق الى الماء الذي

فيه والماء لا ينفذ الا قليلا

فهما قويت اللطة على الزجاج

تناولنا الماء عنه ووقاه من

الكسر وربما جعله صلبا

كالحديد * ويتبين ذلك



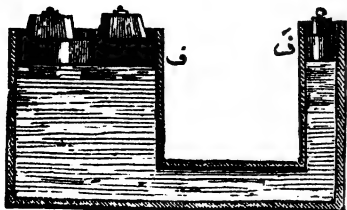
الشكل ٦٩

ايضا ما اذا وضعت نقطة روبرت (عد ٢٢) في قنبية ماء (الشكل ٦٩) ثم

كسر جزء صغير من ذنبها فانها تطاير اربابا كما سبق وتنتقل القوة التي تكسرها
بين دفتي الماء حتى تصل الى كل اجزاء النبتة فتكسرها حالاً

(١١٧) الماء قوة ميكانيكية * خذ اسطوانتين احدهما

ثخينة ف في الشكل ٧٠ والاخرى دقيقة ف وصل بينهما بانبوبة
من الاسفل كما ترى وادخل في كل منهما مدكاً. ولكن مساحة ف
قيراطين ومساحة ف ١٠٠ قيراط . فبحسب ناموس باسكال



الشكل ٧٠

(عد ١١٥) اذا ضغطت

قوة اوقية نازلاً قيراطاً

مربعاً من ف انضغط

كل قيراط مربع من

الانبوبة ف بقوة اوقية صاعداً ولذلك اذا ضغطت قوة رطلين

مدك الاسطوانة ف رفعت ثقل ١٠٠ رطل على المدك ف .

وكما قل ثخن ف وزاد ثخن ف ازداد الثقل الذي يرتفع بقوة

مفروضة حتى انه يمكن لبننت صغيرة ان ترفع بثقل كنفها بارجة

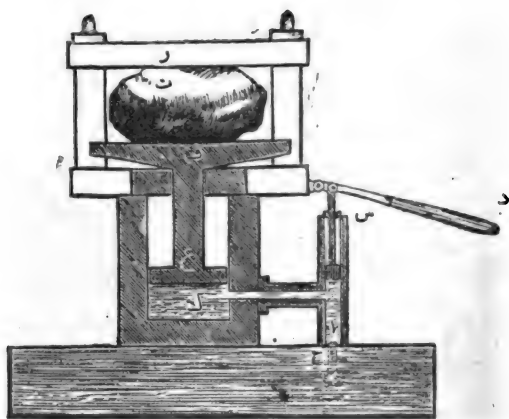
كبيرة . ولذلك سمو الماء القوة السابعة من الفوات الميكانيكية

(١١٨) المكبس المائي * المكبس المائي آلة عظيمة الضغط

مبنية على ناموس باسكال وهذا مقطعها طولاً (الشكل ٧١)

فالخرف ا انبوبة وس مدك مدخل فيها ادخالاً معكماً

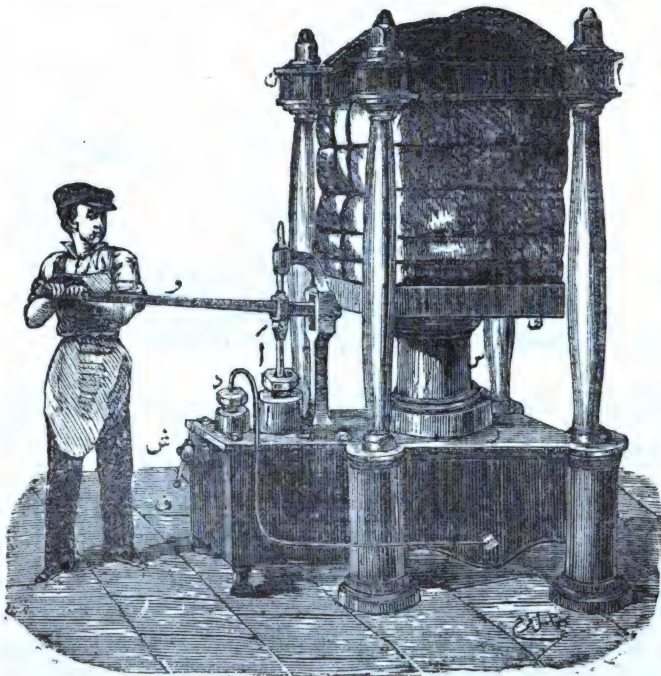
ومتصل باليد د. وح مصراع يُفتح عند ارتفاع المدك في الانبوبة
وينطبق عند انزاله فيها. وتحت هذا المصراع حوض ماء. فاذا
رُفعت اليد د يرتفع المدك في الانبوبة وينفتح المصراع ح فيدخل



الشكل ٧١

الماء منه اليها . ثم اذا أنزلت اليد ينزل المدك في الانبوبة
وينطبق المصراع ح على الماء فيجري من تحت المدك الى ك
ويستقر تحت المدك الكبير ع ف. ويكرر العمل على ما تقدم حتى
يعلو الماء في ك تحت المدك الكبير ويرفعه فيرتفع نحو العارضة ر
ويضغط الثقل ت الذي بينه وبينها . فاذا كان هذا الثقل وزقا
كبس او زيتونا او بزر كنان او غيرها عُصر او صوقا تلبّد وهلم
جراً. وهذه صورة الآلة كاملة (الشكل ٧٢) وقد قبض رجل
بيدها فاذا شدّها الى الاعلى ارتفع المدك آ في الانبوبة ا ثم

اذا انزلها انطبق المصراع الذي في اسفل ا وجرى الماء الى
الاسطوانة د وسار منها في الانبوبة الى الخوض تحت المدك
الكبير س ويجمع هناك حتى يرفع س فيرتفع هو رافعا
العارضة ك ويضغط الاثقال بين ك والعارضة العليا م



الشكل ٧٢

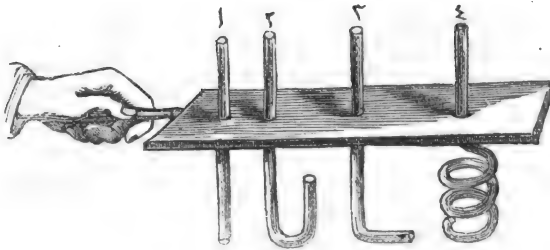
وتكون قوة ضغطها كما يأتي : اذا كانت مساحة المدك آ قيراطاً ومساحة
س ١٠٠ قيراط فتقو ١٠٠ رطل ترفع ١٠٠٠ رطل من الثقل . هذا اذا قطعنا
النظر عن اليد واما اذا حسبت اليد ايضاً فيزيد الضغط جداً لانها مخل من
النوع الثاني . فان كان بُعد مقبض الرجل (من اليد) عن الدارك ١٠ اضعاف

بعد المدك عنه وحرك البد بقوة ١٠٠ رطل نصبر قوة ١٠٠٠ رطل على المدك آ وقوة ١٠٠٠٠٠ رطل على المدك الكبير س . اي ان الفنتار الواحد يرفع مئة الف فنتار . الا انه بحسب ناموس الميكانيكيات يكون ق X ق د = ث X ث د فانهكسبة من القوة بهذه الآلة تنقص في الوقت كما في باقي القوات الميكانيكية . ولذلك لا يرتفع الثقل الا $\frac{1}{10000}$ من المسافة التي تنزل فيها البد * وقد اخترع هذه الآلة رجل يقال له أبرامه سنة ١٧٩٦ وهي كبيرة النفع في كل ما يلزم له قوة عظيمة ككبس الورق والنش . وعصر الشمندر والتفاح والزيتون . وحذر السفن الى المياه . وامتحان مائة المدافع وخلافت البخار والزناجير وما اشبه . قيل ان المكابس التي استعملت في رفع الانايب في جسر بريطانيا كان كل منها يرفع ٢١٢٧٦٠٠ افة وذلك لو استعمل في رفع الماء في الفراغ لرفعه الى علو ستة اميال تقريباً

(١١٩) ضغط السائلات بجاذبية الثقل * كان كلامنا في ما تقدم مقصوراً على ضغط السائلات من الاجسام الخارجة عنها واما الآن فيكون كلامنا في الضغط الذي يحصل لها من ثقلها هي : لا يخفى أن اسفل الماء تجل ثقل اعاليه فكل نقطة من الماء الساكن واقعة تحت ضغط عمود من النفط التي عليها وهي ايضا تضغط الى كل الجهات بنفس القوة الضاغطة لها والا تخرج من مكانها فيضطرب الماء ولا يسكن حتى ينساوي الضغط بين نقطه . وعلى ذلك قررت النواميس الآتية

(١٢٠) أولاً . كل سائل ساكن يضغط الاسفل والاعلى والجوانب بقوة واحدة * وبيانها اذا غطت انايب مختلفة

الاشكال (الشكل ٧٣) في الماء صعد الماء فيها كلها على السواء الى مساواة سطحه الاصلي ويكون صعوده في الاولى بضغطه الى الاعلى وفي الثانية الى الاسفل وفي الثالثة بضغطه جانباً وفي الرابعة بضغطه الى الجهات الثلاث المذكورة معاً



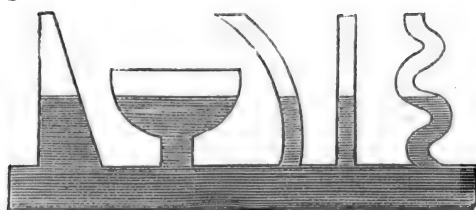
الشكل ٧٣

(١٢١) ثانياً. الضغط يزيد بالعمق * فالضغط على عمق قدم يساوي ثقل قدم مكعبة من الماء اعني ٦٣^١ ليبرا (٦٣^١ ٥ من الليبرا تساوي رطلاً) وعلى عمق قدمين مضاعف ذلك وهلم جرا^(١) هذا في الماء العذب وأما في الماء المالح فيزيد فان ثقل القدم المكعبة منه ٦٤^٢ ٧ من الليبرا * ويظهر تأثير هذا الضغط اذا اخذنا زجاجة فارغة مربعة الشكل وسدناها سداً محكماً ثم غطسناها

ليبرات في القدم المربعة	على عمق	ليبرات في القدم المربعة	على عمق
٦٣٥٠	١٠٠ قدم	٦٣٥٠	١ قدم
٦٣٠٠٠٠	١ ميل	٦٣٥٠٠	١٠ اقدام
١٦٥٠٠٠٠	٥ اميال	١٠٠٠٠٠	١٦ قدماً

في الماء فانها تنكسر قبلما تبلغ عشر ساعات من العمق لعظم الضغط عليها . ويقال ان الحوت الكريلندي يغوص في الماء احيانا الى عمق ميل فيصعد معي يبق دما من عظم ضغط الماء له . واذا غرقت سفينة يدخل الماء بين مسامها لعظم ضغطه لها فتثقل وتغوص في قرار البحر

(١٢٢) ثالثا . ان الضغط لا يتوقف على شكل الوعاء ولا على حجمه * فاذا اخذنا انية مختلفة الاشكال وركبناها بعضها مع



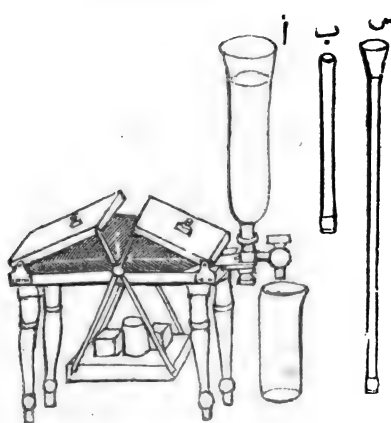
الشكل ٧٤

بعض بحيث يكون بينها اتصال كما ترى في الشكل ٧٤ فالماء يصعد فيها

كلها على التساوي مهما اختلف شكلها وتباين حجمها . وكلما زيد الماء في واحد منها صعد في الكل على التساوي

وعلى هذا الناموس صنع المنفاخ المائي وهو اشكال منها الشكل ٧٥ وهو مؤلف من خشبتين متصلتين من حافتيهما بكرمي بواسطة منضلات وتحتها زق من المقيط متصل بالانبوبة ا . وتصل بالخشبتي خشبة ثالثة تحت الكرمي بقضبان بينهما وتوضع على هذه الخشبة اثقال . ثم يصب الماء من الانبوبة ا حتى تمتلئ هي والزق المتصل بها فينتفخ ويرفع الخشبتي اللتين عليه وهما ترفعان الخشبة التي تحت الكرمي بما عليها من الاثقال ولو كانت هذه الاثقال اعظم

كثيراً من ثقل الماء في الانبوبة . ولا فرق في الانبوبة سواء كانت غليظة ام
دقيقة بشرط ان يكون طولها واحداً . فاذا صب الماء في الانبوبة ب عوضاً



الشكل ٧٥

عن ارفع الاثقال بضغطه
كما رفعها اولاً . واما اذا صب
في س فيرفعها اكثر من
ذلك كثيراً لان س اطول
من ا و ب

وما ننفع به صحة هذا
الناموس ايضاً اننا اذا
ادخلنا انبوبة طولها ٢٠ او
٤٠ قدماً في برميل (الشكل

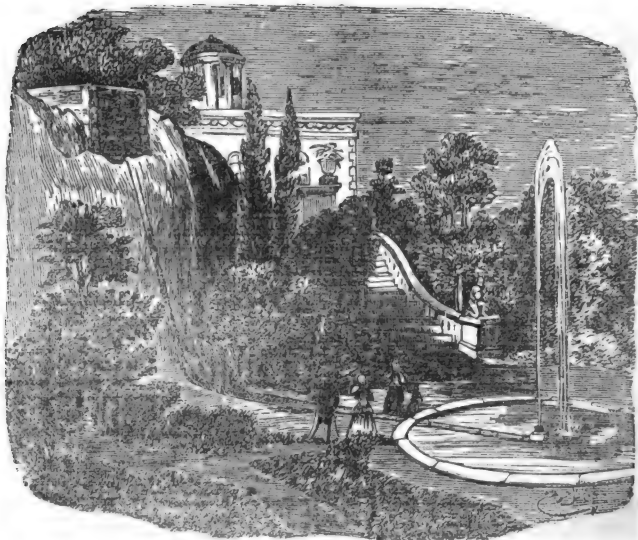
٧٦) وملأناها ماء الى راسها يتشقق البرميل ويجري الماء منه لان ضغط الماء
له يساوي ضغطه لبرميل ملآن طوله ثلاثون او اربعون قدماً . اذ الضغط
لا يتوقف على شكل الوعاء . فسواء كانت الانبوبة دقيقة او ضخمة كالبرميل
يكون الضغط فيها واحداً

وعلى ذلك قد يفعل الضغط في الطبيعة انفعالا عظيمة فاذا
وقع المطر على راس جبل ثم تخلل التربة ونفذ الى داخله ولم يجد
مصرفاً منه تجمع داخله وازداد ضغطه حتى ينفلق الجبل فتتشقق
صخوره وربما اندك الى اصوله



(١٢٣) رابعاً . الماء يطلب المساواة * ونعني بذلك
ان سطحه يكون دائماً على استواء واحد اذا لم يمنعه مانع .
ويظهر ذلك في العيون والماء المجرور من الحياض المرتفعة الشكل ٧٦

الى المدن فانه يرتفع حيثما تيسر له حتى يكاد يبلغ مساواة مصدره.



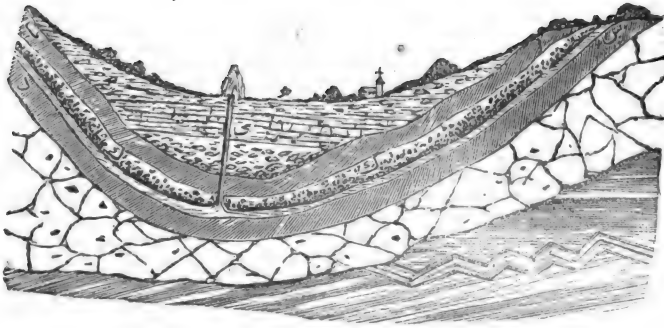
الشكل ٧٢

ترى صورة الحوض على رأس تل عن اليسار وقد جرى الماء منه في انابيب تحت الارض الى النوفرة حيث صعد حتى صار على مساواة سطح الماء في الحوض الأ قليلاً. والسبب في عدم بلوغه سطح الماء في الحوض تماماً هو ان الاحتكاك بصدّه وهو اثب من فم النوفرة فينقص زخمه والهواء يقاومه ونقطة العالية تقع على النقط الواطئة فيقل ارتفاعه بذلك

قيل ان الرومانيين كانوا يجهلون هذا الناموس لانهم كانوا اذا ارادوا جز الماء من مكان الى آخر يصنعون له اقنية من الحجر طول بعضها مئة ميل وبينون لها الفناطر العالية ليجرّوها فوق الاودية او يخرقون لها الجبال كما في

القناطر المعروفة بقناطر زبيدة على نهر يبروت والسرداب الذي بجانبها .
وذلك يقتضي نفقة ومشقة لا يجتهد بها من يعرف هذا الناموس بل يدُ الاقنية الى
اسافل الالودية وقم الجبال كما يفعل مهندسو هذه الايام . وربما علم المتقدمون هذا
الناموس ولكنهم جهلوا عمل الانابيب المثبتة التي تحتل ضغط الماء ولا تشقق
فاضطروا الى فعل ما فعلوا

وعلى هذا الناموس يجمع الماء في الهنايع والآبار . فان جاذبية الثقل
تهدر ماء المطر من الاماكن المرتفعة الى اماكن اوطأ منها فيجري بعضه في الانهار
والجداول ويصب في البحر ويغور البعض الآخر في الارض متشعباً في باطنها
كما يتشعب على سطحها . فاذا حُفرت الارض عند هذه الشعب صعد الماء منها
الى البئر او العين كما يصعد في النوفرة



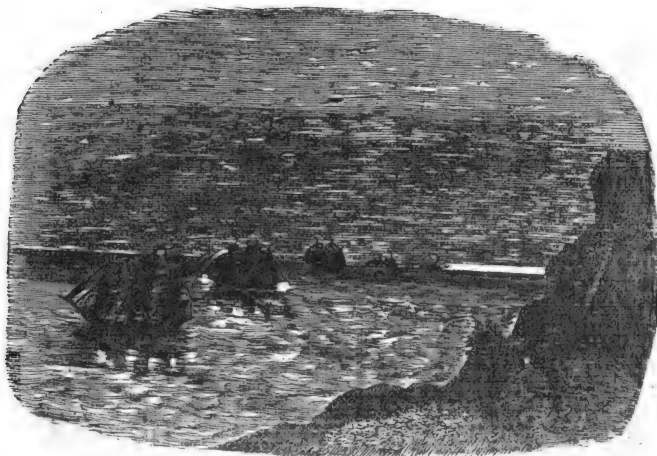
الشكل ٧٨

(١٢٤) الآبار الارتوازية * الآبار الارتوازية فتوب في الارض تثقبها آلة
شبيهة باللولب فطرما قبراطان او ثلاثة حتى تصل الى نبع . وسميت ارتوازية
نسبة الى ولاية ارتواز حيث حُفرت منذ زمان ولكنها كانت معروفة عند
المصريين والصينيين قبل ذلك بزمان طويل . ثم لا يخفى ان تربة الارض اما
متخلخلة كالرمل والحصى فينفذها الماء . واما متماسكة كالدلعان فلا ينفذها الماء
فلنفرض اب وس د في الشكل ٧٨ طبقتين مختلفتين من التربة الدلعانية وك

ك يمتلئها طبقة من الرمل والحصى ونحوهما فبعد ما يقع المطر على قم الجبال يتغلغل
 الأرض ويتجمع في حضيض الطبقة الفائرة سد . فاذا حفرت بئر عند ه فلا
 تبلغ الطبقة المتخلطة حتى يشب الماء صاعداً فيها الى مساواة مصدره وكثيراً ما
 يشب من الأرض كالنوفرة لعظم الضغط على اسافلها من الجانبين * من اشهر هذه
 الآبار بئر في كرانل قرب باريس عمقها ١٨٠٠ قدم ونيف وهي مخفورة في غور
 طبقة من الطباشير تمتد امها لا كثيرة من باريس وتصب ١٠٠٠٠٠٠ جالون
 من الماء يومياً . ومنها في شيكاغو بالولايات المتحدة ما عمقه ٧٠٠ قدم ويصب
 ١٢٥٠٠٠٠ جالون من الماء البارد يومياً . ومنها بئر حفرت حديثاً في مدينة
 يست بالجرع عمقها ٢٦٠٠ قدم وفي اعق بئر في الأرض وكانت تصب ١٧٥٠٠٠
 جالون من الماء الحار يومياً لما كان عمقها ٢١٢٠ قدماً فقط . وقد حفر آباراً
 منها في صحراء افريقية واخرجوا ماء وغرسوا غيطاناً من النخل وحلثوا وبساتين
 ولم يزلوا الى اليوم يوغلون في الصحراء ويستخرجون ماء من حيث لا يؤمل الماء
 (١٢٥) قاعدتان لحساب الضغط * القاعدة الاولى لمعرفة

الضغط على قعر الوعاء . وهي اضرب مساحة قاعدة الوعاء في
 ارتفاع العمودي ثم اضرب الحاصل في ثقل قدم مكعبة من
 السيلال الذي فيه فلك ضغطه على القعر * والثانية لمعرفة الضغط
 لجانب الوعاء وهي . اضرب مساحة الجانب في نصف ارتفاع
 العمودي ثم اضرب الحاصل في ثقل قدم مكعبة من السيلال الذي
 في الوعاء فلك ضغطه لذلك الجانب ويحصل ما تقدم ان ضغط
 الماء لقعر وعاء مكعب الشكل يساوي ثقله وضغطه لكل جانب
 من جوانبه يساوي نصف ثقله . فضغطه لجوانبه الاربعة مضاعف

ثقله وكل ضغطه للفقير وللجوانب الاربعة ثلاثة اضعاف ثقله
(١٢٦) الفادن المائي * سطح الماء البناكن مستو اي انه اذا
عُلّق حجر بخيط ودُلي اليه يقع عمودياً عليه . ولكنه لا يُحسب



الشكل ٧٩

مستوياً الا اذا كان في بقع صغيرة فاذا اشغل بقعاً متسعة كما
البحر والبحيرات العظيمة (الشكل ٧٩) نتحدّب كنتحدّب سطح الارض
لان سطح الارض كروي والماء يوافقه في
التحدّب لسهولة حركة دقائقه بعضها على
بعض وجذبه مجاذبية الثقل نحو مركز
الارض . ومقدار هذا التحدّب ٨ قراريط
في ميل واحد و $2 \times 8 = 16$ قراريطاً في



الشكل ٨٠

مليون و $8 \times 10^7 = 72$ في ثلاثة اميال و $8 \times 10^4 = 128$ فيراطا في
اربعة اميال وهلم جرا بتريفة عدد الاميال الى القوة المالية وضربه
بعد ذلك في ٨ كما يدرهن في الهندسة

والفادن المائي انبوبة معدنية ذات طرفين ملتوين في كل منها انبوبة
من الزجاج . وهو كبير الاستعمال في فتح طرق العربات والصكك الحديدية
والترع ونحوها لمعرفة ارتفاع مكان عن آخر . وذلك بأن توضع الانبوبة
المذكورة على قرص مستوية ثلاث قوائم (الشكل ٨٠) ويصب الماء فيها حتى
يرتفع الى جانبيها ويسكن فيها على استواء واحد . ثم ينظر رجل من عند
مساواة الماء في الجانبين الى البقعة في علم عمودي بمجلة رجل آخر قبالة ويعين
ارتفاع المكان الواقف عليه صاحب العلم . ثم ينتقل صاحب العلم الى المكان
الآخر ويرفع العلم او يوطئه حتى تقع تلك البقعة تحت نظر صاحب الفادن
ويعين ارتفاع المكان الثاني فيعرف الفرق بينه وبين ارتفاع الاول



الشكل ٨١

(١٢٧) الفادن الكحولي * هو عبارة عن انبوبة من الزجاج
قليلة التحدب جداً ثملاً كحولاً الأبقعة صغيرة منها تشغلها فافعة من
الهواء وتوضع في علبة من الخشب او غيره (الشكل ٨١) فاذا كان
السطح الذي يوضع عليه هذا الفادن مستوياً ثبتت الفافعة في

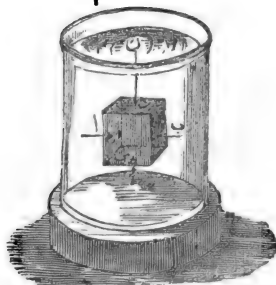
وسط الانبوبة والأملت الى المحل المرتفع منه فيعرف منها استواء ذلك السطح او عدم استوائه. وهذا الفادن ادق من الفادن المائي في دلالة وضبطه ويستعمل عند النجارين والبنائين والمهندسين ولا سيما عند علماء الفلك في ضبط الآلات الفلكية

(١٢٨) الثقل النوعي* هو ثقل جسم بالنظر الى ثقل جسم آخر من حجمه ولكن من غير مادته. فلو كانت كل الاجسام من ثقل واحد لكان ثقلها النوعي واحداً ولكنها متفاوتة في الثقل ولو كانت متساوية في الحجم فالذهب مثلاً أثقل من الخشب والفضة من الصوف لانها اكدف من الخشب والصوف فيكون الثقل النوعي مجرد معرفة كثافة الاجسام. ولما كان الثقل النوعي لجسم لا يعرف الا من مقابلته بحجم آخر انفقوا لاسباب شتى على جعل الماء المقطر^(١) قياساً للجوامد والسوائل والهواء قياساً للغازات. فاذا قلنا ان القيراط المكعب من التوتيا يزن سبعة امثال ما يزن القيراط المكعب من الماء كان ثقل التوتيا النوعي سبعة وثقل الماء النوعي واحداً. وكذلك اذا كان القيراط المكعب من الحامض الكربونيك يزن ١٠٥٢ ما يزن القيراط المكعب من الهواء فثقله النوعي ١٠٥٢ وثقل الهواء النوعي ١ وبحسب الثقل النوعي للماء

(١) ان قيراطاً مكعباً من الماء المقطر يزن ٢٥٢٤٠٦ من الصفحة ٥١ ٦٢ فاردهيت من الحرارة ٣٠ قيراطاً من البارومتر

وللهواء واحداً ابداً. ويُسْتَعْمَلُ الثقل النوعي للجوامد والسوائل بطرق ثلاث نذكرها بعد الكلام على قوة السوائل على حمل الاجسام

(١٢٩) قوة السوائل على حمل الاجسام * يتضح المراد بذلك من النظر الى الشكل ٨٢ حيث ترى الجسم المكعب



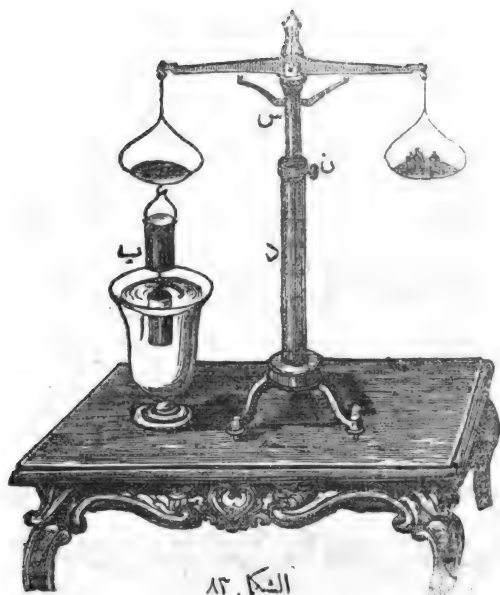
الشكل ٨٢

الشكل اب س د المفروض ثقله النوعي كالماء مغطساً فيه فالضغط على جانبه ايساوي الضغط على ب لان كلا الجانبين على عمق واحد ولذلك لا يميل المكعب نحو جانب من الوعاء

اكثر من ميله نحو الجانب الآخر. واما الضغط على قاعدته س فاعظم من الضغط على د لان س اعظم من د فالضغط على س يرفعه والضغط على د يفرقه ولكن قوة الرفع اعظم من قوة التغريق فيرتفع المكعب بحمل الماء له ويطلب ان يطفو على وجهه (١٣٠) ناموس قوة الحمل * اكتشف ناموسها الفيلسوف

ارخميدس وهو هذا: ان قوة السائل على حمل جسم تساوي ثقل ما يحل الجسم محله من ذلك السائل. فضغط الماء للسطح د (الشكل ٨٢) الذي به يفرق المكعب يساوي ثقل عمود من الماء

مساحة دائرته مثل أعلى المكعب وعلوه بقدر دن وضغط الماء
 للسطح س الذي به يرتفع الجسم يساوي ثقل عمود من الماء
 مساحة دائرته مثل مساحة العمود الأول وأما علوه فبقدر س ن
 فقط والفرق بين س ن ودن هو قوة الماء على حمل المكعب
 فتكون هذه القوة مساوية لكمية من الماء على قدر المكعب طبقاً
 للناموس المتقدم ذكره



الشكل ٨٣

ويتضح ذلك ما يعرف بالميزان الهيدروستاتيكي (الشكل ٨٣) بأن يعلق
 بأحدى كفتيه وعاء اسطواناني الشكل ب يسع جسماً آخر من شكله أ ويعلق
 أ بالوعاء ب حتى يتدلى في وعاء فارغ من الزجاج ويبر كذلك بعبارات
 نوضع في الكفة الأخرى من الميزان كما ترى . ثم يصب ماء في وعاء الزجاج

فيجعل الماء الجسم ايقوتو على الحمل فينقص وزن هذه الكفة عن وزن التي فيها
العمارات فتخرج هذه وترتفع تلك ^(١)

هنا وكل من يتحرك في الماء يعلم ان جسده يخف والحركة تسهل عليه
فيمشي على الصخور الكثيرة الخاريس ولا تخدش قدماء ولو مشى عليها خارج
الماء لتهشمنا نهشاً . وما ذلك الا لانه يخف عند نزوله في الماء بقدر ثقل الماء
الذي حل هو محلة واما في الهواء فيكون ثقله عظيماً فتثقل وطأته

(١٢١) السباحة * السمك يعوم في الماء لوجود رزي ممتلئ هواء تحت
فتراته ينضغط وينتد بارادة السمكة فاذا ضطهنة فصر ثقلت وغاصت واذا
مددته فكبر خفت وعامت . والانسان يعوم لان جسده اخف من مقدار
يساويه من الماء ولا سيما ماء البحر لانه اثقل من الماء العذب . واذا قيل ان
كان الانسان يعوم فلماذا يفرق من لا يحسن السباحة . قلنا ان راس الانسان
اثقل من اجزائه السفلى ولو وضع في الماء وحده لغاص فيه ولذلك يكون من
شأنه الغوص ما دام متصلاً بالجسد . فالذين لا يحسنون السباحة يغرقون لانهم
لا يستطيعون رفع رؤوسهم فوق الماء ولا يأمنون الفرق حتى يتعلموا ذلك . ولو
ان جامل السباحة يتأتى ويطلب على ظهره في الماء بحيث لا يتنفس عن التنفس
لأمن الفرق مهلة ما يأتي من يجيو . ولكنه لا اشتداد الخطر بمحاول الخلاص
فيرفع ذراعيه ويخبط في الماء خبطاً شديداً فيقرب بذلك زمان غرقه لان ثقل

(١) يحكى ان مبرو الطاغية ملك سرقوه اعطى صائفاً مقداراً من الذهب المخالص
لبصوغه زجاجة لرفس اله الآلهة . فلما صنع التاج وزنه الملك فوجد ثقله ثقل الذهب الذي
سلمه للصائغ ولكنه ارتاب بالصائغ من ان يكون قد غشاه بالفضة ولم يشا ان يحكه ليجله الو
وان كان صناعته فنقض امتحانه الى الفيلسوف ارخبيدس وطلب منه ان لا يغير فيه شيئاً .
فذكر ارخبيدس في ذلك طويلاً ولم يفتح عليه الى ان كانت ذات يوم يسفهم في مغطس
فطن الى سهولة الحركة في الماء وعسرهما في الهواء واهتدى من ذلك الى التاموس المذكور
آنفاً فوثب من المغطس وهرول نحو منزله فرحاً وهو بصاق يديه في الازقة ويقول
باليونانية *Εύρηκα* اي وجدتها ثم امعن التاج فوجده مغشوشاً

بدنو يزداد برفع ذراعيه فكأن ذراعيه تعينان راسه على تفريقه . واما ذوات
الاربع فالراس فيها اخف من الاسافل ولذلك تسبح بلا علم ولا مزاوله . ولا يخفى
ان العوم اسهل على السمان ما هو على الخفاف لانهم يحلون محل مقدار اكبر من الماء .
وذلك بعوم الانسان بربط قرع جاف على ظهره او بالتمسك بمناطق من
الفلين على حذويه لانه يحمل محل مقدار من الماء اقل منه . واعلم ان من الطيور
ما تسهل السباحة عليه كالوز والبط والوز العراقي وغيرها لان له على اسافل
بدنو زغباً صغيراً ناعماً كثيراً لا يخرج الماء فيحل محل مقدار من الماء يساوي ثقله
مع انه لا ينفطس من جسده الا القليل فيعوم

(١٢٢) قلنا (عد ١٢١) ان الجسم يعوم في الماء المالح اكثر ما يعوم في
العذب ويتضح ذلك من الشكل ٦ (عد ٢٨) فانه اذا ملئ الوعاء ماء حلوا الى
نصفه وضعت فيه بيضة غاصت الى قعره ثم اذا ادخل فيه قمع ذوانبوبة تصل
الى قعره وصب فيه ماء ملح يهبط ماء الملح الى القعر لانه اقل من العذب ونعم
البيضة فيه . وسبب عومها هو انه اذا ذاب جسم جامد كالمح في الماء تخللت
دقائق مسام الماء فزادت كثافته وقوته على حمل الاجسام بدون ان تزيد حجمه .
ولهذا يتعسر على الانسان ان يغوص في بحيرة لوط ولو قصد ذلك لان ماءها
بجلاء فيطفو عليه كما يطفو الفلين حتى يمكن ان الانسان يتوسد خشبة وينام
عليه كما ينام على فراشه لكثرة ما فيه من الملح اللائب وعظم كثافته

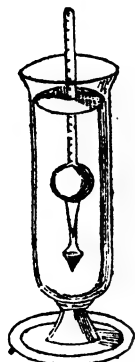
اذا طرقت حديدية حتى رقت تطفو على وجه الماء لانها تحمل محل مقدار
اقل منها ولذلك يطفو اللكن والدست والسفن الحديدية ولو شئت شحماً ثقيلاً
حال كون الحصة الصغيرة تنوص الى القعر . ويكون مركز الثقل في الجسم
الطافي في اوطأ قسم منه . ويتضح ذلك ما حكاه النبلسوف هرشل عن رجل
لبس حذائين كبيرين من الفلين وحاول ان يثني على الماء فانقلب راسه الى
الاسفل ورجلاه الى الاعلى ولم يبر منه الا ساقان تضربان الماء والهواء

(١٣٢) استعمال الثقل النوعي * يستعمل الثقل النوعي للجوامد والسوائل بثلاث طرق الميزان الهيدروساتيك والهيدرومتر وزجاجة الثقل النوعي . والعمل فيها كلها مبني على استعمال ثقل الجسم ثم استعمال ثقل مقدر يساويه من الماء كما ستري * أولاً لتستعمل الثقل النوعي لجسم جامد بالميزان الهيدروساتيك (الشكل ٨٢) زن الجسم في الهواء ثم زنه في الماء وخذا الفرق بين الوزنين فهو ثقل مقدار ما يساويه من الماء . واقسم وزنه في الهواء على هذا الفرق فالخارج ثقله النوعي . مثالة : ان اوقية من الكبريت تصير نصف اوقية اذا غطست في الماء اي تنقص نصف وزنها فنقلها النوعي ٢ اي انها اثقل من الماء مرتين

ثانياً لتستعمل الثقل النوعي لسيلال بزجاجة الثقل النوعي خذ قنبنة تسع ١٠٠٠ قحمة من الماء مثلاً فاذا وسعت ١٨٤٠ قحمة حامضاً كبيريتيكاً فنقله النوعي ١٨٤ على فرض ثقل الماء النوعي واحداً واذا وسعت ١٢٥٠٠ قحمة من الزئبق فنقله النوعي ١٢٥ ثالثاً لتستعمل الثقل النوعي لسيلال بالهيدرومتر . خذ انبوبة من الزجاج (الشكل ٨٤) لها في احد طرفيها بلبوس يحوي زئبقاً او خردقاً وسدّها من طرفها الآخر واقسمها درجات بمزّات تحزّها عليها حتى اذا وضعت في الماء المنطر تغرق الى درجة الصفر فاذا

وُضعت بعد ذلك في الكحول مثلاً تغرق فيه أكثر مما تغرق في الماء.
بقدر ما هو أخف من الماء. وتُحسب كل درجة منها جزءاً من المئة.

والهيدرومنر انواع شتى تُستعمل لمعرفة الثقل النوعي
للحليب والحوامض وانواع المذوّبات



النكل ٨٤

واعلم ان الثقل النوعي للجوامد والسوائل
يصح استعماله بكل من هذه الطرق الثلاث ولكننا
لم نستوفِ تفصيل ذلك لضيق المكان ومهولة تحصيله
على النطن

(١٢٤) استعمال وزن حجم مفروض من اي مادة كان *
اضرب وزن قدم مكعبة من الماء في الثقل النوعي لتلك المادة ثم
اضرب المحاصل في عدد الاقدام المكعبة في ذلك الحجم فما كان فهو
وزنه. مثاله اذا قيل ما وزن ثلاث اقدام مكعبة من الفلين قلنا
وزن القدم المكعبة من الماء ١٠٠٠ اوقية (الاوقية ٨ دراهم) وثقل
الفلين النوعي ٢٤٠. فلنا ١٠٠٠ اوقية $\times ٢٤٠ = ٢٤٠٠٠$ ق و ٢٤٠

جدول يتضمن الثقل النوعي لبعض الاجسام على فرض الماء واجباً

اسم الجامد	الثقل النوعي	اسم الجامد	الثقل النوعي	اسم الجامد	الثقل النوعي
البلاتين	٢١٢٥٠	الفضة	١٠٢٤٧	الحديد	٧٢٨٠
الذهب	١٩٢٦	الخامس الاحمر	٨٢٨٠	حدود الصب	٧٢٢١
الزئبق	١٣٢٦٠	القصدير	٧٢٢٩	النوتا	٦٢٨٦
الرصاص	١١٢٢٥	الدولاب	٧٢٨١	الاماس	٣٢٥٠

ق ٢X (عدد الاقدام المكعبة من التلين) = ٧٢٠ ق فالجواب

٧٢٠ اوقية وهو وزن المقدار المفروض

(١٢٥) استعمال حجم وزن مفروض من اي مادة كان .

اضرب وزن قدم مكعبة من الماء في الثقل النوعي لتلك المادة

واقسم الوزن المفروض على الحاصل فما خرج فهو الحجم محسوباً

اقبلاً ما مكعبة: فلو قيل ما هو حجم ٢٠٠٠٠ اوقية من الرصاص لتبل

١٠٠٠ ق ١١٢٥٠ = ١١٢٥٠ و ٢٠٠٠٠ + ١١٢٥٠ =

+ ١٧٦ من القدم المكعبة وهو الحجم المطلوب

(١٢٦) استعمال جرم الجسم * زن الجسم في الماء فينقص

ثقله بقدر وزن الماء الذي حل الجسم محله . ثم ان وزن الندم

المكعبة من الماء ١٠٠٠ اوقية فيعرف من ذلك حجم الماء المساوي

للجسم . مثالة: اذا نقص جسم ١٠ اوقية عند وزنه في الماء فوزن

اسم الجرامد	الثقل النوعي	اسم الجرامد	الثقل النوعي	اسم السبال	الثقل النوعي
الزجاج الصواني	٢٢٣	شمع العسل	٩٧	الحامض الكبريتيك	١٨٤
الرخام	٢٧٠	جبر الخفان	٩٢	ماء بجلوط	٢٤
الطباشير	٢٦٥	الجليد	٩٢	الحليب	١٠٢
الكبريت	٢٠٠	البوتاسيوم	٨٦	ماء البحر	١٠٢
العظم	١٩٩	خشب الصنوبر	٦٦	الماء الصرف	١٠٠
الفصود	١٨٣	الفلين	٢٤	زيت الزيتون	٩١
السكر	١٦٠			الكحول الصرف	٨٠
الشمع المجري	١٢٠			الاثير	٧٢

الماء الذي حل ذلك الجسم محله ١٠ اواق ولذلك يكون حجمه
 ١٠٠ من القدم المكعبة وهذا هو جرم الجسم تماماً

(١٢٧) مسائل للتمرين * (١) اذا اردنا ان نمنح قوة الصفة القهنا فيها
 بيضة وحكنا على قوتها من عوم البيضة او غوصها فيها فما هو تعليل ذلك. (٢)
 لماذا يستسهل السمين السباحة اكثر من الخفيف. (٣) اذا غرق الانسان
 وغاص الى قعر الماء اطلقوا وراه مدفعاً فيطنو على وجه الماء فاسبب ذلك.
 ج. ان المدفع يهز قعر الماء فتنتل جثة الفريق من الوجل او الاعشاب
 التي تكون قد اشتبكت بها. (٤) لماذا تطنو جثة الفريق على وجه الماء بعد
 موته. ج. لان جسده يملأ فتتولد فيه غازات خفيفة فينفث ويطنو. (٥) لماذا
 تكبر فقايع الهواء عند صعودها من قعر جرة ملانة ماء. (٦) عندنا يدر
 علوها ١٤ قدماً وعرضها ١٠ اقدام وفي اسفل جانبها باب فكم يكون ضغط
 الماء على بابها اذا ملئت ماء. (٧) يد زيد دلو ملان ماء ويد عمرو دلو
 آخر مساو له ملان ماء ايضاً وفيه سمكة حية فدلوا بها اقل. (٨) دخل الماء
 في خرق صخر طوله ٢٥٠ قدماً ووسعة قيراط مربع ثم نفذ الى حوض محصور في
 باطن الارض مساحة سطحو ٢٠ قدماً مربعة فكم ضغط الماء لما حوله من جوانب
 الصخر. (٩) لماذا يكون تحريك الحجارة في الماء اسهل مما على اليابسة.
 (١٠) لماذا يعسر الخوض في الماء حيث يجري مجرى او تيار. (١١) لماذا
 يصنع سد المخرجة صغيراً من الاعلى كبيراً من الاسفل. (١٢) هل ينتضي للهندس
 ان ينظر الى تحديد الارض في خراب الترع ومد السكك الحديدية. ولماذا.
 (١٣) هل ماء البحر اكدف عند القمر منه عند السطح. (١٤) لماذا تفرج
 فاقعة الهواء في الفادن الزئبق عند ادارته. (١٥) هل يفرج من يسمج اذا
 داس على الزجاج او نحره في الماء. (١٦) هل يغوص الحديد في الزئبق.
 (١٧) لماذا تطنو الدواية على وجه الحليب. (١٨) اذا غرقت سفينة في البحر

فالى اى عمق تصل . (١٩) رى صبي طابئة في نسب عميق ولم يقدر ان يصل اليها فلأ النسب ماء فلم تصعد فاصعدا بواسطة اخرى فاقب . (٢٠) ايها اقوى على حمل الاجسام الماء ام الزيت . (٢١) ما وزن اربع اقدام مكعبة من الفلين . (٢٢) كم درهماً من الحديد تميل قدم مكعبة من الفلين على الماء . (٢٣) ما هو النفل النوعي لجسم وزنه ٢٠ قنعة في الهواء و ٢٠ قنعة في الماء . (٢٤) عندنا دلو مملوء من ماء البحر وآخر من الماء العذب فايها انقل . (٢٥) وزنت قطعة من صخر في الهواء فكانت ٢٩٤١^٨ القنعة ثم وزنت في الماء فكانت ٢٦٠٧^٥ القنعة فاي ثقلها النوعي . (٢٦) وزن قطعة من الزبرجد ٢١٤٥ من القنعة في الهواء و ١٦٢٣ من القنعة في الماء فاي ثقلها النوعي . (٢٧) ما حجم قنطار من الحديد . ومن الذهب . ومن النحاس . (٢٨) ما وزن مكعب من الذهب مساحة كل جانب من جوانبه الستة اربع اقدام . (٢٩) طول حوض ٦٢ قدماً وعرضه ٦ اقدام وعمقه ١٠ اقدام فكم يكون ضغط الماء لكل جانب منه اذا امتلأ . (٣٠) لماذا تطفو السمكة الميتة على ظهرها . (٣١) وزن حجم من الماء ٦٢^٥ القنعة ووزن آخر مثله من الحامض المورباتيك ٧٥ قنعة فاي النفل النوعي للحامض المذكور . ج ١^٢ . (٣٢) عندنا وعاء يسع عشرين اواق من الماء فكم يسع من الزئبق . (٣٣) ما حجم حجر وزنه ٨٠ اوقية في الهواء و ٥٠ اوقية في الماء . (٣٤) كم يجب ان يكون حجم كرة مجوفة من الحديد وزنها ١٠ اواق لتطفو على الماء

الفصل الثاني

في الماء الجاري او المهدروليك

(١٣٨) الهيدروليك لفظة مشتقة من اليونانية معناها ماء الانايب . وهي فنٌ يبحث فيه عن السائلات المتحركة من حيث تفرغها من نقوب وجريها في انايب واقنية وتموجها وما اشبه . ويتخذ الماء فيه نائباً عن البقية كما في الهيدروسنايك . ونواميسه هي نفس نواميس الاجسام السافطة الا انهم لا تصدق عليه عملاً بل نظراً لاسباب شتى ولذلك يعول فيه على التجارب العملية ولا يلتفت الى النواميس النظرية . اما اسباب الفرق بين النواميس النظرية والعملية فمنها اختلاف حرارة السائلات فان الحرارة تزيد سيولة السائل وتفاوتها في الصفاء وتفاوت جاذبية الملاصقة بين دقائقها واحتكاكها على جوانب الاوعية التي تجري منها ومقاومة الهواء لها . وشكل النقوب التي تفرغ منها . واختلاف جريها باختلاف هيئة الاياكن التي تجري فيها الى غير ذلك من الاسباب

(١٣٩) سرعة النوفرة * السائل يصعد من النوفرة بسرعة تعدل سرعة جسم يسقط من ارتفاع بقدر ارتفاع السائل الذي

في مصدر النوفرة. فاذا ارتفع ماء النوفرة عشر اقدام فسرعته تعدل
سرعة حجر يسقط من علو عشر اقدام وذلك يتضح مما مر (عد ١٢٢)
وهو ان الماء يصعد في النوفرة الى مساواة سطح ينبوعه وما مر
(عد ٤٩) في الاجسام الصاعدة وهو ان الجسم لا يصعد الى علو
مفروض ما لم تكن سرعته بقدر السرعة التي يسقط بها من ذلك
العلو. فسرعة النوفرة تنوقف اذا على ارتفاع مصدرها عن ثقبها.
وينبغي ان تصعد كل السائلات منها بسرعة واحدة فالدبس
والزئبق ينبغي ان يرتفعا منها بقدر ما يرتفع الماء كما ان الرصاصة
والريشة ينبغي ان تصلا الى الارض في وقت واحد اذا سقطتا
من علو واحد (عد ٤٦). ولكن الاسباب التي ذكرناها (عد ١٢٨)
تؤثر في السائلات تأثيرا متفاوتا جدا فيختلف بذلك ارتفاعها.
فلا يرتفع الزئبق والماء ارتفاعا واحدا ولو كان مصدرهما متساويين
كما ان الرصاصة والريشة لا تسقطان في وقت واحد بسبب
مقاومة الهواء لهما

(١٤٠) استعمال سرعة الماء الخارج من نوفرة * نُسْعلم
سرعته بالمعادلة الرابعة من معادلات الاجسام الساقطة . وهي
س = $\frac{1}{2}gt^2$ (عد ٤٧) ويراد بالحرف ب هنا انخفاض في النوفرة
عن سطح الماء في الحوض الذي تسند الماء منه . مثال ذلك اذا

قيل: كم سرعة نوفرة في سهل اذا ورد الماء اليها من آكة علوها ٦٤
 قدماً. فالجواب يعرف بالتعويض عن ب بالعدد ٦٤ وعن ج
 بالعدد ١٦ وهو عدد الاقدام التي ينزل فيها الجسم في الثانية
 الاولى بالمجازية (عد ٤٦) فلنا $s = \overline{٦٤ \times ١٦} = ٦٤$ قدماً

(١٤١) استعمال كمية الماء المنفرغة في وقت مفروض * العمل
 في ذلك ان تضرب مساحة الثقب المنفرغ الماء منه في سرعة الماء
 ثم تضرب الجاصل في عدد الثواني او الدقائق او الساعات
 المفروضة فلك كمية الماء المنفرغة

مثال ذلك: اذا نزل ماء المطر عن سطح بيت في انبوبة طولها ١٦ قدماً
 ومساحة فوهتها نصف قدم مربعة فكم يتفرغ منها من الماء في ٥ ثوان. الجواب
 اذا انحدر الماء ١٦ قدماً فسرعته $s = \overline{١٦ \times ١٦} = ٢٢$ قدماً في الثانية. نضربها
 في $\frac{1}{2}$ اي مساحة الفوهة فالجاصل ١٦ قدماً مكعبة وهي كمية الماء المنفرغة في
 ثانية واحدة. نضربها في ٥ ثوان فالجاصل ٨٠ قدماً مكعبة وهي كمية الماء المنفرغة
 في الوقت المفروض. ههنا بحسب الناموس النظري. واما بالعمل فلا يتفرغ
 اكثر من ٦٢ في المئة ما ذكر اي ٤٩٦ القدم المكعبة فقط للاسباب المتقدمة
 آنفاً (عد ١٢٨)

(١٤٢) تأثير الانابيب * ان الانابيب تؤثر كثيراً في كمية الماء المنفرغة
 من الوعاء فاذا امعنا النظر في الماء الخارج من ثقب رأيناه يصغر حجماً بعد
 خروجه من الثقب حتى يصير $\frac{1}{2}$ ما كان وهو فوه. وسبب ذلك ان الماء يجري
 في مجاري تقاطع بعضها بعضاً وهو خارج من الثقب لانه يخرج من جميع جهاته.
 فلو ادخل في الثقب انبوبة اطول من قطره بضعين او ثلاثة لجرى الماء

ملاصقاً لجدرانها فلا يتقاطع ولا يعنى بعضه بعضاً فتزيد الكمية المنفرغة منه حتى
يصير ٨٢ في المئة ما يتنقص ان يتفرغ بالحساب

ولو أدخل الطرف الواسع من انبوبة مخروطية الشكل في الثقب لصارت
الكمية المنفرغة ٩٢ في المئة ولو أدخل فيه الطرف الضيق منها لزادت الكمية
المنفرغة ٢٥ في المئة عما اقتضى ان تكون بالحساب وذلك من الامور المستغربة.
والظاهر ان ادخال الانبوبة في الثقب على ما تقدم يسهل المرور على الماء حتى
كأنها تنجذب اجنباً الى الخارج . واذا جرى الماء في انابيب طويلة او متعنية
ابطأ جريه فيها وقلت الكمية المنفرغة منه لسبب احتكاكها بهو . فقد قيل انه
اذا جرى على زاوية قائمة في انبوبة تنقص الكمية المنفرغة منه النصف واذا
جرى في انبوبة طولها ٢٠٠ قدم يتفرغ منه نصف ما يتفرغ من انبوبة طولها
قيراط اي اقصر من تلك ٢٤٠٠ مرة

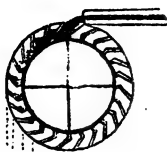
(١٤٢) جري الماء في الانهار * الماء وسائر السوائل لا تجري
الا اذا كان مجراها عمودياً على سطح الافق او مائلاً عليه . ولا حاجة
ان يكون الميل عظيماً فانها لسهولة تحرك دقائقها تجري على الارض
ولو كان انحدارها قليلاً جداً . فالماء يجري بسرعة ثلاثة اميال في
الساعة على ارض لا تنحدر اكثر من ثلاثة قراريط في الميل . فان
نهر الكنج لا ينحدر الا ٨٠٠ قدم في مسافة ١٨٠٠ ميل فلا يقطع
ماؤه تلك المسافة الا بعد مضي اكثر من شهر من ابتداء جريه .
واذا انحدر سطح الارض ثلاث اقدام في الميل جرى الماء فيه جرياً
عنيفاً كما في سواني الجبال . ويبلغ جريه اشدّه في الوسط . وبسي

عند العامة بالسبلة . ويكون ضعيفاً على النهر والظنين لسبب مقاومة الأرض له

(١٤٤) استعلام معدل سرعة النهر وما ينصب منه * تستعلم سرعته في الوسط وعلى النهر وعند الظنين ويقسم مجموعها على ثلاثة فيخرج لنا معدل سرعته . فلو قيل سرعة الماء على جوانب نهر ٢ اميال وعلى قعره ٤ وفي وسطه ٥ فكم سرعته ل قيل $\frac{٥ \times ٤ \times ٢}{٣} = ٤$ اميال وهي الجواب . ويستعلم معدل ما ينصب منه بضرب عرض جزء منه في معدل عمقه وضرب الحاصل في معدل سرعته

(١٤٥) دوايب الماء * دوايب الماء آلات يستعمل بها الانسان قوة الماء الجاري لنضاض حاجاته كفراش المطحنة والناعورة وما اشبهها وتجري على حكم المخل اذا فعلت القوة بساعده الاقصر . وهي على اربعة انواع الدولاب الفوقي والدولاب التحتي والدولاب الجانبي والدوار

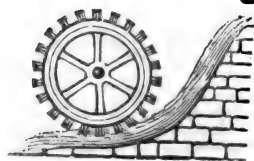
(١٤٦) الدولاب الفوقي * هذا يستعمل اذا كان الماء قليلاً لانه يدور بقليل من الماء وله على محيطه دلاء ينزل اليها الماء من ميزاب كما في الشكل ٨٥ وتُصنع هذه الدلاء بحيث تمسك الماء وهي نازلة على الجانب الواحد وتصبه وهي صاعدة على الجانب الآخر . فبذلك يدور الدولاب لانه متى امتلأ ببعضها ينقل



الشكل ٨٥

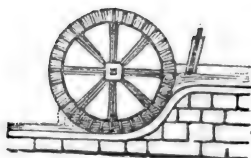
فيحيط فيدير الدولاب حتى ينصب الماء منه
ويصعد فارغاً اذ يمتلئ غيره من الدلاء ويدير
الدولاب بثقله ايضا وهم جراً. فيدور الدولاب
بقوة الماء كما يدور بقوة الانسان وغيره * ويكون هذا الدولاب
كبير الحجم في الولايات المتحدة دولاب علوه ٩٦ قدماً فاذا
فرض الماء فيه ق والبين الذي يتزل فيه كل دورة ب فقوته
 $= ق \times ب$ بالحساب ولكنها لا تزيد عن ٨٠ في المئة من ذلك
بالعمل

١٤٧ الدولاب النخني * هذا يستعمل حيث الماء كثير ولا



الشكل ٨٦

يسقط من علو شاهق وليس له دلاء
بل عوارض نائمة من حافته فيصدمها
الماء وهو جارٍ ويديرها بزخمه فيدور
الدولاب معها (الشكل ٨٦) قيل انه لا يستعمل بهذا الدولاب
اكثر من ٢٠ في المئة من قوة الماء



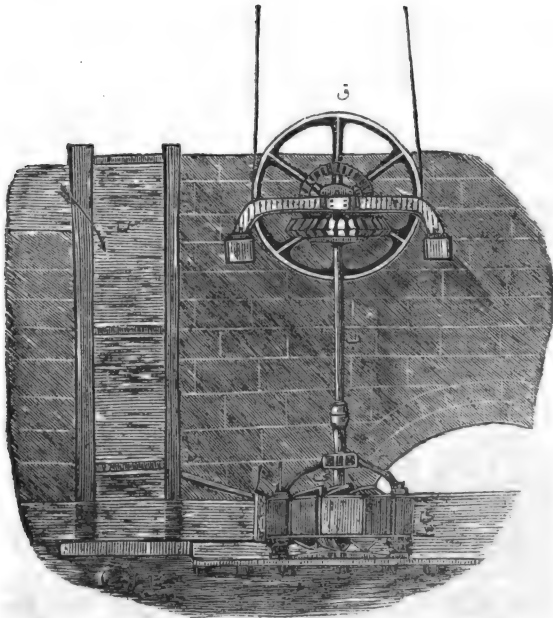
الشكل ٨٧

(١٤٨) الدولاب الجاني * هذا

يتوسط بين النقي والنخني (الشكل ٨٧)
فيديره ثقل الماء وزخمه معاً ويستعمل
حيث الماء معتدل المقدار

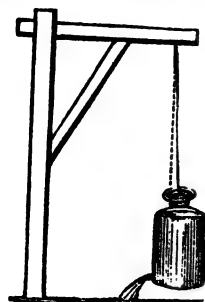
(١٤٩) الدوّار * هذا يسمى الافرنج التّزبن وهو حديث
 العهد واغوى من سائر الدواليب عملاً فانه يُستعمل به نحو ٩٠
 في المئة من قوّة الماء. ويختلف عنها اخلاقاً جوهرياً كما ستري
 ويُغسّس في الماء ويوضع فيه افقيّاً وبصنع على صور شتى منها
 الشكل ٨٨

وشرحه ان من د قناة ينزل الماء فيها ويجري منها في الميزاب د ا حتى
 يقع على الدولاب . وف محور هذا الدولاب وهو اسطوانة تنفرع منها عوارض
 مسطحة الى كل الجهات . وي اطار مقبب يحيط بهذه العوارض على دائرها .



الشكل ٨٨

وعلى أعلى هذا الاطار واسفل قرصان مستديران متصلان بالاسطوانة وبالعوارض المتفرعة منها . وفي هذين القرصين شبه اقناع مقوّرة تبتدئ بقرب الاسطوانة وتنتهي الى الخارج بحيث يبقى تقعرهما نحو الاسطوانة وتكون بارزة فوق القرص الاعلى وتحت الاسفل كما ترى . فينزل الماء من الميزاب د ا في



الاقناع العليا ويخرج من السفلى في عكس الجهة التي دخل فيها فيدور الدولاب وتدور الاسطوانة ف ب وتدبر الدولاب ق الذي يلتف على حرفه سير بوصل آلات اخرى يو * والدوّار يدور على مبدأ اختلاف الضغط في عمود من السائل كما يتضح من الشكل ١١٦ علّق ابريقاً ملاً ماءً بجوهر فاما يضغط كل جواربه

الشكل ١١٦

ضغطاً متساوياً حسب ناموس پاسكال (١١٥٤)

فيملاً بذلك . ثم اذا ثبته من جانبه يجري الماء من الثقب فيرتفع الضغط عن ذلك الجانب ويبقى على الجانب الآخر فيدفع الابريق الى الجهة المقابلة لجهة الثقب اي يبعده عن الخشبة التي تجاهه

(١٥٠) مطحنة باركر * وعلى هذا المبدأ صنعت مطحنة باركر ايضا وهي مؤلفة من اسطوانة مجرّفة ا ب في الشكل ٩٠ موضوعة بحيث تدور بسهولة ومن



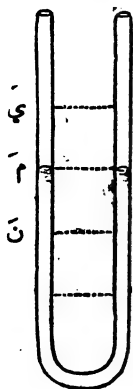
الشكل ٩٠

اسطوانة اخرى ف ف عمودية على الاولى وموازية لسطح الافق وطرفاهما معكوفان ومفتوحان الى جهتين متعاكستين (ويزداد فيها ايضا اسطوانة ثالثة افقية كالثانية ولكلها عمودية عليها) فاذا سدّت فتحنا الاسطوانة الافقية وصبّ الماء في ا ب تبقى المطحنة ساكنة لان ضغط الماء متساوي على ف ف واما اذا فتحت ف ف فينزل الضغط عنها ولكنه يبقى على الاجزاء المقابلة لما من

الاسطوانة . فاذا تفرّغ الماء من الفتحة ف الى اليمين مثلاً اندفع الجانب ف ب

المتقابل لما الى اليسار . وهكذا يقال في النتيجة فَ والجانب فَ ب من
الاسطوانة . ولذلك تدور الاسطوانة فَ فَ بتفرغ الماء من فتحها . ولا
يخفى انه كلما طال جانب الاسطوانة فَ فَ وبقي الضغط عليها واحداً تزيد
القوة على الثقل كما اذا طال ساعد القوة على ساعد الثقل في المخل . وهذه
الآلة من اعظم الآلات فعلاً اذا قصد استعمال مقدار مفروض من الماء بضغط
من علو مفروض

(١٥١) تخرج الماء * اذا صببنا ماء في انبوبة ملتوية كما في
الشكل ٩١ الى ح د م وم ثم ادخلنا مجرى من الهواء الى م فضغط
الماء حتى هبط من م الى ن يرتفع في الجانب الآخر من م
الى ي . واذا ازلنا هذا الهواء الضاغط بهبط الماء من ي الى م
وينزل بالاستمرار الى ن فيرتفع في الجانب الآخر الى ي . ثم بهبط
من ي ويرتفع من ن ولكن الهابط لا يصل حيثئذ الى ن ولا المرتفع
الى ي لان الهواء والاحتكاك على جوانب



الشكل ٩١

الانبوبة يعيقانها ولذلك لا يزالان بين هابط
ومرتفع حتى يتلاشى استمرارها بالاحتكاك ومقاومة
الهواء فيسكنان عند م وم كما كانا قبلاً . فلو
ارتفع الهواء والاحتكاك اولو جعل للماء واسطة
تحركة على الدوام كما يتحرك الرصاص لبق في
حال الاضطراب الى ما شاء الله . وعلى ما تقدم

بتموج الماء في البركة إذا رُمي فيها حجر أمواجاً مستديرة تسع شيئاً فشيئاً حتى تسبح . لأن الماء ينضغط تحت الحجر فيهبط فيرتفع ما حوله ثم يهبط هذا أيضاً ويرتفع ما حوله ولا تزال دقائق الماء بين هابط ومرتفع حتى يبطل تموجها باحتكاكها بعضها على بعض وبمقاومة الهواء لها

(١٥٢) الموج * يحدث الموج من احتكاك الريح على وجه الماء فإذا كانت الريح خفيفة أحدثت أمواجاً صغيرة يترآكب بعضها على بعض في وسط البحر حتى تصبح موجاً طاماً يتقلب على متن المياه . لأن الريح إذا هبت على الماء ترفع دقائقها بضغطها على الدقائق المجاورة للدقائق المرتفعة كما تقدم في عمودي الماء (الشكل ١) ثم تهبط تلك الدقائق بالجاذبية فيرتفع التي تليها وهكذا يحدث الموج من ارتفاع دقائق الماء وهبوطها بدون أن تتقدم من مكانها . ولما تقدمت الظاهر فمن الأمور التي تتحدع بها العين كما تتحدع بتموج البساط إذا نفّض أو الحبل إذا هز أو الزرع إذا مآج بالريح * إذا رافينا فرعة أو خشبة على الماء رأيناها تتقدم على رأس الموجة بضع أقدام أو قراربط حسب طول الموجة ثم تنف وتأخر راجعة في المطن الذي يلي الرأس ثم تنف عن الرجوع وتقدم على رأس الموجة الثانية وتنف وترجع أيضاً في المطن الذي يليه وهكذا على الدوام . فتعلمون تهبط مع الموجة ولكنها لا تسير على وجه الماء إلى الشاطئ . ولعل ذلك لأن القرعة وهي في رأس الموجة تنحدر إلى المطن الذي يليها إلى جهة في السطح المائل الأعظم تحذراً أي الأعظم ميلاً على الخط السمتي . ثم متى صار المطن موجة أي متى ارتفع ماؤه لما مرّ يكون السطح المائل الأعظم تحذراً إلى جهة متخالفة فنحدر راجعة فيه ثم تهبط كأول مرة وترجع ولم تجرأ إلى أن يبدأ الموج . لكن أب وس د موجتين وبس المطن بينهما . فإذا

كانت القرعة عند ز راس الموجة اب ومبطت الى ف المطنن في السطح



الشكل ١٢

راسها عند ل ومبطت ز الى و

فكان ومطمنًا يلي ل يكون السطح المائل الاعظم تحدراً ل وفرجع فيه ثم
ترفع الى ز ومبطت الى ف ثم ترجع الى و ولم تجرأ. فالماء لا ينتقل من مكانه
بل يرتفع عمود وملا العمود يهبط ويرفع ما يليه الخ ودقائق الماء تبني مكانها

(١٥٣) تنفّش الموج * اذا قربت الامواج من الشاطئ او

من صخر لم يوازنها ماء الشاطئ لفلة عمقه وعظم عمقها فتتقدم حتى
يمنعها الشاطئ من التقدم فتنتشر وتنفّش ويعرف تنفّشها عند
العامية بنفّش الموج. وقد ظهر بالتجربة والملاحظة ان الامواج
لا تهبط اكثر من ٢٠ قدماً عن مساواة سطح مائها وان اعظم
الامواج لم يعل اكثر من ٤٢ قدماً من قعره الى حضيضه

(١٥٤) حدود * تسمى الاجزاء المتوافقة من الامواج كرووسها

ومطمناتها وجوها المائلة واجزاؤها المتخالفة كراس موجة ومطمن
اخرى وجوها المتضادة. وتسمى المسافة بين كل وجهين متقابلين
كالمسافة بين راس موجة ورأس التي تليها طول الموجة. فاذا
فرضنا ان موج المدّ الحادّث من تفاوت جذب الشمس او القمر
لماء الارض سائر من الشرق الى الغرب وان نوازل في البحر

فاحدث امواجاً بعيدة عن موج المدّ وسائرة وراءه وإن رجحاً خفيفة هبت على قسم متوسط بينهما من البحر فاحدثت فيه امواجاً صغيرة فامواج كل فاعل من هذه الفواعل الثلاثة تبقى ممتازة عن امواج الآخر حتى تلتقي . وحيثما ان تلتقي وجوها المتائلة او المتضادة . فاذا تلافت وجوها المتائلة كما اذا التقت رؤوس امواج المدّ برووس امواج النوء ومطبئيات امواج الواحد بمطبئيات امواج الآخر حصل من التقائها موج علوة بقدر مجتمع علو الاثنين معاً . واذا التقت وجوها المتضادة كما اذا التقت رؤوس امواج الواحد بمطبئيات امواج الآخر حصل من التقائها موج علوة بقدر الفضل بينهما . فاذا اذا نوالى موجان وكان طول الموجة وعلوها في كل منهما متساويين وكان الاول سابقاً للثاني بنصف طول موجة يعني احدهما الآخر لسبب التقاء وجوها المتضادة ويقال لذلك تعارض الامواج لانها تعارض بعضها بعضاً . واعلم ان لهذا المبحث اعتباراً عظيماً في الصوت والنور كما سيبي فاحفظه جيداً .

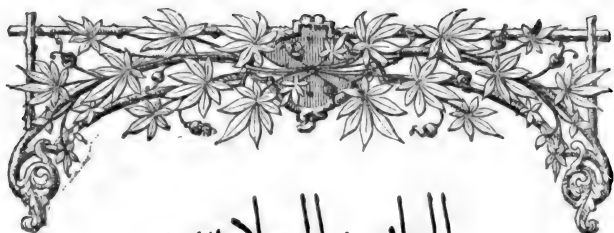
(١٥٥) مسائل للتمرين * (١) عندنا حوض له ميزانان متساويان احدهما اسفل من سطح الماء بربع انصاف والآخر يتسع فكم يفرغ الثاني اكثر من الاول . الجواب . ان سرعة الماء تتغير في الميزانين كمتغير جذري علوها اذ كان المتفرغ في كل من الميزانين بمرعته لو صدد اذ خال ركة انبوبية قائمة في

فم كلى لارتفع الى وجه الماء في المحوض وإذا كانت انبوبة الركبة قصيرة تصعد
كالنوفرة بزخم تفرغ الماء (عد ١٤٠) فالعلوان المذكوران كتابة عن بيني الماء
مدفوعاً من الميزابين الى العلوين والسرعة تتغير كجذر البين. ثم ان الكمية
المفرغة تتغير كالسرعة مع فرض مساواة الميزابين اذا الكمية المفرغة ∞ كجذر
البين اي

الكمية المفرغة من الاعلى : المفرغة من الادنى :: $\sqrt{h_1} : \sqrt{h_2}$:: ٢ : ٣
اي ان الميزاب الادنى يفرغ مثلاً ٢ فناطير في الوقت الذي يفرغ الاعلى
فناطيرين. (٢) قطر انبوبة اربعة قراريط وعمقها ٤٨ قدماً تحسب سطح الماء فكم
من الماء تفرغ في الثانية. (٣) اذا أطلق ماء من بلبل كوز فلماذا يكون
مجنماً عند فوهة مخنة البلبل وإذا اجتمع عنها ينشهر. (٤) اذا لوينا
طرفي الاسطوانة ف ف من مطحنة باركر (عد ١٥٠) الى جهة
واحدة وثقبناهما من تلك الجهة فاذا تكون النتيجة (٥)
هل يلزم ان تدخل المخفية في البرميل

الى ما وراء

الواحد



الباب السادس

في الهوائيات

الفصل الاول

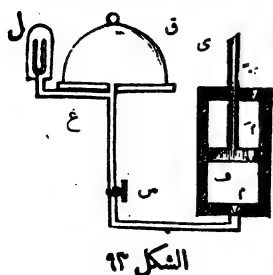
في الغازات ومنفعة الهواء

(١٥٦) الهوائيات فنٌ يبحث فيه عن صفات الغازات وضغطها * والغازات اجسام قوة الجذب بين دقائقها اضعف من قوة الدفع (عد ٢٧) فلذلك تكون حركة دقائقها اسهل من حركة دقائق السائلات فيصدق عليها ما يصدق على السائلات من ابصال الضغط الى كل الجهات على السواء وقوتها على حمل الاجسام وثقلها النوعي . وهي كثيرة العدد ولكن اربعة منها فقط بسيطة وهي الاكسجين والهيدروجين والنيتروجين والكلور والبقية مركبة . ومنها ما له لون او رائحة ومنها ما ليس له . ومنها ما يضر الانسان والحيوانات اذا استنشقت كغاز الحامض الكربونيك ومنها ما لا يضر كالهيدروجين والنيتروجين ولكنه لا يصلح لحياة

الحيوان. ومنها ما لا تقوم الحياة إلا به وهو غاز الأكسجين فاذا انقطع
عن الحيوان بضع ثوانٍ مات لا محالة. ويكون مدار الكلام في
الهوائيات على الهواء فقط لأنه ينوب عن كل الغازات بما أنه
أكثرها مقداراً كما ينوب الماء عن السوائل

(١٥٧) الهواء * الهواء ويعرف عند التخصيص بالهواء
الكروي أو الجلد غاز من الغازات محيط بكرة الأرض كل
الاحاطة فيلاً ما كان فارغاً فيها ويحيي ما عليها من الحيوان
والنبات. وهو مؤلف من غازين الأكسجين والنروجين ممتزجين
معاً على نسبة ٢٢ وزناً من الأكسجين الى ٧٧ وزناً من النروجين
ويجنوي ايضاً قليلاً من الحامض الكربونيك وكمية من البخار المائي
تكثر وتقل بحسب الاحوال. وليس له رائحة ولا طعم ولا لون
ولكنه اذا تكاثرتلّون بالازرق كما يشاهد في لون السماء فان
قُبها الزرقاء التي تاهت في جمالها عقول الشعراء هواء صرف
قد تلّون بالزرقة من ضوء الشمس ولو تلاشى الهواء لزال بهاؤها
واسود وجهها. ولهذا يضرب لونها الى السواد كلما ارتفع الناظر
عن الأرض واذا ارتفع كثيراً رآها سوداء من تلطف الهواء
فوقه. وهو ايضاً شفاف من فلولا لم نقدر على سماع الاصوات
ولم نطرب على رنة العود

(١٥٨) مفرغة الهواء * قلنا ان الهواء يملاً ما كان فارغاً على الارض فاذا اردنا ان نفرغ الاجسام منه لم نستطع ذلك بكميها كما انا لانستطيع ان نفرغ الآنية من الماء كذلك وهي مغوسة فيه. ولذلك احوال العلامة اطوفن كركي على تفريغها بالة اخترعها سنة ١٦٥٠ وتسمى مفرغة الهواء. اخص اجزاءها ظاهر في الشكل

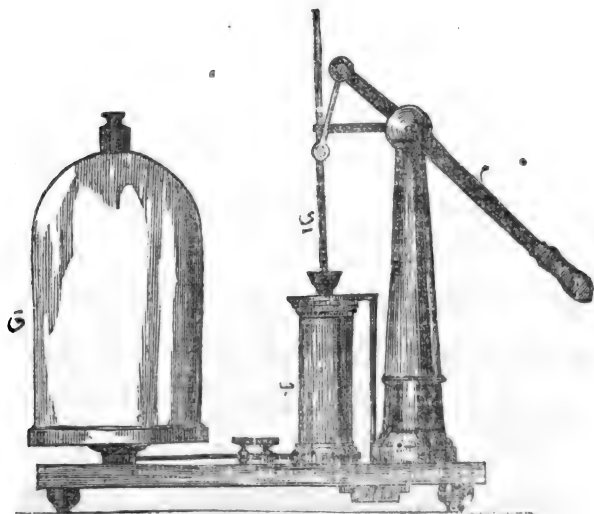


٩٣ فالحرف ق وعاء من زجاج يعرف بالقابلة ويوضع على صفيحة ملساء غ وب اسطوانة وس انبوبة تصل بين القابلة والاسطوانة

وم مصراع ينطبق على طرف الانبوبة المتصل بالاسطوانة وينفتح الى الاعلى وف مدك ينزل ويرفع داخل الاسطوانة باحكام وفيه مصراع م ينفتح الى الاعلى ايضاً

اما كيفية تفريغ الهواء بها فكما ترى : اذا فرض ان المدك في اسفل الاسطوانة وان المصراعين منطبقان فحينما يرفع المدك بانزال يد المفرغة ي يرتفع حاملاً الهواء الذي عليه ويبقى ما تحته من الاسطوانة فارغاً. فيمتد الهواء الذي في القابلة وفي الانبوبة س كما سيأتي (عد ١٦١) ويرفع المصراع م ويدخل الى ما تحته المدك فيملأ الفراغ. ثم ينزل المدك برفع يد المفرغة فيضغط الهواء الذي تحته والهواء يضغط المصراع م الى الاسفل فيطبقه ويضغط المصراع م الى الاعلى فيفتح ويخرج منه. واما سبب ضغطه للمصراع الاعلى فلان الهواء كالماء يوصل الضغط الى الاعلى والاسفل وبقيته الجهات بالسواء (عد ١١٤) ثم يرفع

المدك ثانية فيفرغ الهواء من الاسطوانة على ما تقدم فيأتي مكانه هواء من القابلة
ايضا على طريق المصراع م. ويتزل ثانية فيفتح المصراع م فيجيد الهواء منفذا منه
وملم جراً. فيفرغ الهواء من القابلة شيئاً فشيئاً بتزليل المدك ورفع حتى يصير
على غاية اللطافة ولا يعود يقدر على رفع المصراعين. فتفرغ القابلة من الهواء
الآ قليلاً ويقاس مقدار تفرغها بالمقياس ل على الجانب الايسر من القابلة ق
الذي هو في فراغ يتصل بفراغ الانبوبة س كما ترى. فان المقياس هو الانبوبة
من الزجاج الملتوية الموضوعة ضمن قابلة اخرى من زجاج عن يسار ق. شعبتها
اليسرى مسدودة ومملوءة زيتاً والبنى فارغة مفتوحة فتي فرغ الهواء من الآلة
بتفرغ من قابلة المقياس فيخت الهواء في شعبته اليمنى وبأذن الزئبق بالصعود
فيها فيعرف مقدار التفريغ من علو الزئبق في شعبة المقياس اليمنى المقسومة
بمخطوط الى اقسام متساوية فلواستوى سطح الزئبق في الشعبتين لكان التفريغ
تاماً ولكن ذلك لم يتوصلوا اليه بهذه الآلة. وهذه صورة المفرغة كما هي



الشكل ١٤

(الشكل ١٤) م اليد وي المذكر وب الاسطوانة وق القابلة
 اذا وضعنا جسماً مشتعلًا كجهره نار او قنديل منقد في قابله وفرغنا الهواء
 منها ضعف نوره شيئاً فشيئاً كلما تلطّف الهواء حتى ينطفئ وذلك لفلة الاكسجين
 الذي هو علة اشتعاله . واذا وضعنا حيواناً وفرغنا الهواء مات فان كان من
 ذوات الثدي او طائراً اسرع موته وان كان من السمك او الزحافات ابطأ وان
 كان من الحشرات كالصرصور بقي حياً بضعة ايام تبعاً لاحتياج ذلك الحيوان
 الى الاكسجين الذي تقوم الحياه به . واذا وضعنا اجساماً خفيفة او ثقيلة في طرف
 انبوبة طويلة وفرغنا الهواء منها وقلبناها نزلت كلها الى الطرف الآخر في وقت
 واحد كما مرّ (عد ٤٦) * واعلم ان جميع الاجسام النباتية والحيوانية تعحل وتفسد
 من فعل الاكسجين بها وقيل من غير ذلك . فتمكنوا بمفرغة الهواء

من حفظ الاطعمة من الفساد وذلك بوضعها في اوعية

ونفريغ الهواء منها وسدّها سداً محكماً يمنع

الهواء من الدخول

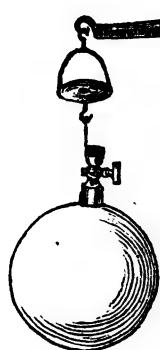
اليها

م

الفصل الثاني

في صفات الهواء

(١٥٩) الثقل * الهواء جسم كسائر الاجسام ومن صفاته الثقل ودليل ذلك أننا اذا فرغنا قنينة تسع ١٠٠ قيراط مكعب



الشكل ١٥

من الهواء وعبرناها (الشكل ٩٥) ثم فتحناها حتى يدخل الهواء اليها ثقل وترجع على العيار ولا ترجع الى الموازنة الا بعد ما يزداد على العيار الاول عيار ٢١ قمحة. اذا ثقل مئة قيراط مكعب من الهواء ٢١ قمحة. وكذلك وجد ان ثقل مئة قيراط مكعب من الحامض الكربونيك

٢٥ ٤٧ من القمحة ومن الهيدروجين اخف الغازات ١٤ ٢ من القمحة وان ثلاثين قمحة من الماء اثقل من ثلاثين قمحة من الهواء ٧٧٠ مرة

(١٦٠) المرونة والانضغاط * ومن صفات الهواء ايضاً المرونة والانضغاط ويظهر ذلك من لعبة للصبيان تُعرف عند

العامة بالنفاعة وهي عود صغير من السيسبان ونحوه يتزعابُهُ ويدخل فيه مدكٌ . ثم يصنع لَهُ هَتَّان من الكتبت وتُدخل فيه احدهما بالمدك كرهاً من احد الطرفين الى الآخر . ثم تُدخل الاخرى ورامها كذلك . فتنى اقتربت اليها ينضغط الهواء بينها فتزيد قوّة مرونته ويدفع الهنة السابقة بفرقة شديدة . وكذلك اذا أُدخل مدكٌ في انبوبة متينة ادخالا محكمًا فلا يمكن ان يمس قعرها مهما كان الشدُّ عليه لان الهواء يبقى بينها وكلما انضغط زادت مرونته حتى يشعر به تحت المدك لينا مرنا كالزنبرك او الخدّة الرخفة

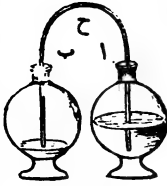
وما يوضح ذلك لعبة اسمها عناريت التينة (الشكل ٩٦) فالعناريت فيها اشخاص من الزجاج مجوّفة ومثقوبة من اذناها توضع في قنبلة ملاءة ماء وفي اعلامها وعاء مرن يبي الهواء . فلتحة العناريت تطفو على الماء حتى يُضغَط الوعاء الذي على التينة فيخرج الهواء منه ويضغط الماء فيوصل الماء الضغط الى الهواء الذي في اجواف العناريت فينضغط ويصغر حجمه فيدخل الماء في اجوافها فيزداد ثقلها فتغوص . ثم اذا ارتفع الضغط عن الوعاء المرن يرجع الهواء اليه فيرتفع الضغط عن الماء وعن الهواء الذي في جوف العناريت فيتمدّد ويطرد الماء منها فتفتق وتصدر حتى تطفو كما كانت . وكلما اقتربت العناريت من قعر التينة سهل تحريكها حتى انه اذا احسن العامل الاعثناء في تحريكها جعلها تبدي من الحركات ما تبدي المخلوقات الحيّة المتحركة بارادتها . وقد تبدل العناريت بسلك وغيره * فيستدل من كل ذلك ان الهواء مرن وقابل للانضغاط وان مرونته تزيد بزيادة انضغاطه

واعلم ان هذه اللعبة تصلح لاطهار قوّة السائلات على حمل الاجسام وايصالها



الضغط الى كل الجهات وزيادة ضغطها بزيادة العمق وايضا مبدء مطحة
باركروما ذكر في السائلات ولا حاجة الى اعادة ذكره هنا
(١٦١) التمدد * ومن صفات الهواء التمدد ويتضح ذلك
بما يأتي: خذ زقا ناشفا وسدهُ بحنيفة سدا محكما تاركاً فيه قليلاً من
الهواء. ثم ضعهُ في قابله وفرغ الهواء منها فيتمدد الهواء فيه عندما
يرتفع عنه ضغط الهواء الذي كان في القابلة فينتفخ وربما انشقَّ
من تمدد الهواء فيه وضغطه^(١)

(١) بين الفيلسوف اسحق نيوتن انه لو اُبعد فيزراط كروي من الهواء اربعة آلاف
ميل عن الارض لتمدد حتى اشغل دائرة محيطها اوسع من فلك زحل الذي قطره أكثر
من ١٧٤٤٣٦٨٠٠٠ ميل



الشكل ١٧

اوخذ قنيتين ا وب في الشكل ١٧ وضع فيها قليلاً من الماء الملون ثم ادخل فيها انبوبة منخبة ح وايمكن ادخالها في ب محكمًا يمنع الهواء من الدخول اليها وليس كذلك في ا . ثم ضع الكل في قابله وفرغ الهواء منها فعند ارتفاع ضغط هذا الهواء عن الهواء الذي في ا يتدد فيضفط هواء ب الماء الذي تحته ويطرده في الانبوبة الى ا . واذا رُدَّ الهواء الى القابلة يضغط الهواء الذي في ا فيرجع الماء منها الى ب ردًا للموازنة . وتكرار العمل يطرد الماء من قنينة الى أخرى حسب ابرام

الفصل الثالث

في ضغط الهواء

(١٦٢) يظهر ضغط الهواء مما يأتي: خذ قنينة لا قعر لها وضعها على
صفحة مفرغة الهواء. وضع يدك على قعرها كما ترى في الشكل ٩٨



الشكل ٩٨

وفرغ الهواء منها فترى ان بعض كفك
قد دخل في قعرها من ضغط الهواء الخارجي
ليدك . او اربط على قعر القنينة قطعة
من مائة طرية مرطبة وعند ما تجف
فرغ الهواء من القنينة فتنزق المائة
اربعا من شدة ضغط الهواء لها . وما دام

الهواء داخل القنينة فلا تنزق المائة لان ضغطه يضاد ضغط
الهواء الخارجي ويساويه فيفني احدهما الآخر ولا يظهر تأثير الواحد
الآخر

(١٦٣) كاسا مكديج * ظهر مما سبق ان الهواء يضغط
نازلا وهو يضغط الى كل الجهات كما يظهر من كاسي مكديج .
وهما نصف الكرة يركبان معا (الشكل ٩٩) اخترعها أطوفن كركي

المكبرجي فاضينا الى اسم بلدته. فاذا رُكبت احدها على الاخرى
وبقي الهواء فيها يفكّان بسهولة. واما اذا فرغ
الهواء منها وسدّت الحنفية المتصلة باحدها
حتى لا يدخلها الهواء فلا يفكّهما الاّ جماعه
من الرجال يشدونّ معاً من ضغط الهواء
الخارجي لها^(١). ولا فرق في الضغط سواء كان
وضعها كما في الصورة او خلافة



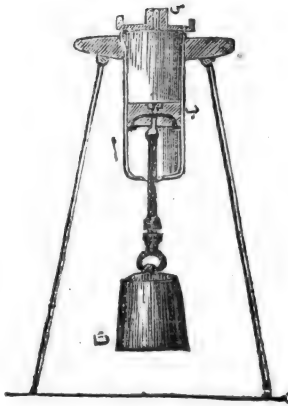
الشكل ٩٩



الشكل ١٠٠

وتضع ضغط الهواء صاعداً ما يأتي : املاً
كأساً ماء وضع على فيها قطعة من القرباس ثم
اقلبها عاجلاً (الشكل ١٠٠) فتبقى قطعة القرباس
على فيها ولا ينصب الماء منها لان الهواء يضغطها
صاعداً* ويظهر ضغط الهواء صاعداً من الشكل ١٠١
وهو اسطوانة من الزجاج ا في داخلها مدك نازل فيها نزولاً محكماً ومعلق بو
الثقل ث . فتترك الاسطوانة وتوصل بمنزعة الهواء بواسطة حبة من المنقوط
تدخل في س فتفرغ الهواء منها يضغط الهواء الذي في الخارج المدك من
اسفل صاعداً فيرتفع ويرفع الثقل معه فيلبث الثقل معلقاً كأنه معلق بصنارة
او نحوها

(١) يقال ان اطوفن كركي المذكور صنع كاسين قطر كل منهما قدمان ثم ركبها وفرغ
الهواء منها فام تلك الواحدة هن الاخرى حتى ربط الى كل منها ستة احصنة وجعلها تشد
الى جهتين متضادتين



الشكر ١٠١

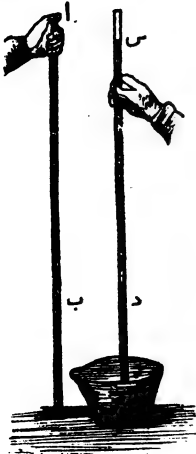
(١٦٤) قوّة الهواء على حمل
الاجسام * كما تطفو الاجسام في الماء
بجمله لها تطفو في الهواء ايضا بجمله
لها جارية على ناموس ارخميدس
(عد ١٢٠) وذلك كثير المشاهدة
فالدخان والسحاب يعومان في الهواء
كما يعوم الخشب على الماء لانها اخف

منه ويجعلان عليه بقوة تساوي ثقل الهواء الذي يحلان محله
يتبين ذلك ما ياتي : خذ كرة مجوّفة من النحاس وضعها في طرف ساعد
من ساعدي الميزان وعلق بطرف الساعد الآخر عيارا يوازنها تماما في الهواء .
ثم ادخلها في العيار الى قابله فيبقي متوازنين ما دام الهواء في القابلة . واما اذا
نزع منها فترجح كرة النحاس . وما ذلك الا لان الهواء كان حاملا بعض ثقلها
بقوته على حمل الاجسام فلما زال الهواء زاد ثقلها على ثقل العيار لانها اكبر منه
حجما فهبطت وارتفع

(١٦٥) مقدار ضغط الهواء * علمنا ما تقدم ان الهواء يضغط
الاجسام بثقله والآن نقول ان مقدار ذلك الضغط يساوي ضغط
عمود من الزئبق علوه ثلاثون قيراطا او عمودا من الماء علوه نحو
٣٤ قدما . وبعبارة اخرى ان الهواء يضغط كل قيراط مربع من
سطح الارض بثقل ١٤ ليبرا وذلك ما يقال له ثقل جلد واحد

لقيراط مربع

لم يُعرف شيء من ذلك حتى كشفه طُورِشلي الايطالي سنة ١٦٤٣ كما يأتي:
أخذ انبوبة من الزجاج طولها نحو ثلاث اقدام مفتوحة الطرفين وشد على احد
طرفيها جلدة لينة رطبة وتركها حتى جفت جيداً ثم ملأ الانبوبة زيتاً وسد طرفها
الآخر المفتوح باصبعه كما ترى في الشكل ١٠٢ وقلبها في وعاء مملوء زيتاً ايضاً



الشكل ١٠٢

فهبط الزيت في الانبوبة حتى استقر عند س على
علو نحو ثلاثين قيراطاً من سطح الزيت الذي في
الوعاء وبقي ما فوق الزيت من الانبوبة فارغاً من
الهواء فسمي فراغ طورشلي . واما السبب في استقرار
الزيت على هذا الارتفاع فهو ان الهواء يضغط الزيت
الذي في الوعاء وهذا الزيت يسند العمود الذي عليه
فيبقى على ارتفاع ٣٠ قيراطاً . وهذا هو المراد من
قولنا ان ضغط الهواء للاجسام يساوي ضغط عمود
من الزيت علوه ٣٠ قيراطاً . فاذا كانت مساحة
سعة الانبوبة قيراطاً واحداً فنقل الثلاثين قيراطاً

التي فيها من الزيت ١٥ ليبراً ولذلك يكون ضغط عمود الزيت الذي مساحته
قيراط وعلوه ٣٠ قيراطاً ١٥ ليبراً لكل قيراط مربع من الزيت الذي تحته .
ولما كان هذا العمود يوازن عموداً من الهواء مساحته كمساحته في الغلط وعلوه
من سطح الارض الى اعلى الجلد فضغط عمود الهواء هذا ١٥ ليبراً لكل قيراط
مربع من سطح الارض

ثم ان الزيت اقل من الماء $\frac{1}{2}$ مرة فعمود الزيت المذكور يوازن عموداً
من الماء غلظه كغلظه وعلوه $\frac{1}{2}$ مرة اعظم من علوه فيكون علوه ٣٠ قيراطاً
في $\frac{1}{2}$ وذلك يساوي $\frac{3}{4}$ القدم . وهو المراد من قولنا ان ضغط الهواء
يساوي ضغط عمود من الماء علوه نحو ٣٤ قدماً

(١٦٦) تجربة باسكال * قلنا ان سبب استقرار عمود الزئبق على علو ٣٠ قيراطاً هو ضغط الهواء لسطح الزئبق الذي في الوعاء وذلك اثبتة الملامة باسكال بالتجربة: قال اذا كان الهواء هو الذي يسند عمود الزئبق فيبقى على ارتفاع ٣٠ قيراطاً على سطح الارض فاذا صعدنا الى محل عال فلا بد من هبوط ملا العمود لان الهواء يخف في الاعالي فلا يوازن ما يوازنه على سطح الارض . وطلب الى بعض اقربائنا ان يجرب ذلك في محل عال فخرجه فهبط عمود الزئبق ثلاثة قراريط فصار علوه ٢٧ قيراطاً فقط . ثم جرب باسكال ذلك بسائل أخرى كالماء والزيت فطابق حسنة الواقع وأدرج بين التفتينات المثبتة

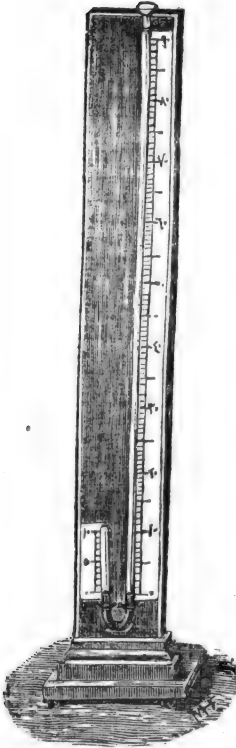
(١٦٧) تغير ضغط الهواء * نحن في قعر بحر من الهواء كسمك في قعر بحر من الماء لجهة تغمرنا وامواجه تجيش وتلاطم فوق رؤوسنا. الا ان امواجه اعظم من امواج البحر جداً واضطرابه اعظم من اضطرابه بكثير . وذلك لان دقائقه لما كانت سهلة الحركة بعضها على بعض بسبب ضعف جاذبية الملاصقة بينها فادنى سبب يحركه وبهيجته كتغير الحرارة والرطوبة ونحوها من الاسباب . فلذلك يتغير ضغط الهواء ويتغيره يتغير ارتفاع عمود الزئبق او الماء او السائل الآخر الذي يوزنه فيطول تارة ويقصر اخرى . فاذا صعدنا بعمود منها الى راس جبل قصر لان ضغط الهواء اقل هناك واذا هبطنا به الى بطن واد طال لان ضغط الهواء اكثر هناك بسبب تراكمه كما ان ضغط الماء يقل بقلة العمق ويزيد بزيادته (عد ١٢١) واذا وقفنا به على شاطئ البحر يكون

طولة ٣٠ قيراطاً اذا كان زيتياً وكانت حرارة الهواء ٦٠ فارنهيت ويكون $٣٣\frac{٢}{٤}$ القدم اذا كان ماءً وكانت حرارة الهواء ٦٠ ف ايضاً. فيجعل طول العمود على شاطئ البحر ودرجة الحرارة المذكورة محطاً ثابتاً ويقاس منه مقدار الارتفاع والهبوط. والخلاصة ان ضغط الهواء يتغير بتغير الحرارة او الرطوبة التي فيه او بالارتفاع او بالانخفاض عن مساواة سطح البحر ويقاس تغيره بالعمود الزيتي

(١٦٨) ناموس مريت * ويعرف بناموس بويل ايضاً. هو انه اذا بقيت حرارة الهواء على حالها فحجم مقدار من الهواء يتغير بالقلب كالضغط عليه . فاذا كان حجمه قدماً مكعبةً والضغط عليه رطلاً يصير حجمه $\frac{1}{2}$ قدم مكعبة اذا صار الضغط رطلين لان مقلوب $\frac{1}{2}$ هو $\frac{1}{2}$

ولبيان ذلك نؤخذ انبوبة ملتوية كما في الشكل ١٠٣ ساقها الواحدة طوبلة مفتوحة الطرف والاخرى قصيرة مسدودة ويصب فيها زيت حتى يبلغ علامة الصفر في كلتا الساقين فيكون ارتفاعه متساوياً ويثبت كذلك متوازناً. ولما كان ضغط الهواء للزيت الذي في الساق الطويلة يساوي ضغط عمود من الزيت طولة ٣٠ قيراطاً كما تقدم فضغط الهواء المحصور في الساق القصيرة للزيت الذي تحته لا يوازنه الا لانه يساوي ضغط ٣٠ قيراطاً من الزيت ايضاً. فان هلا الهواء وان يكن صغير الحجم فهو مضغوط ومن جداً فيضغط الزيت بقوة مرونته بقدر ما يضغط الهواء الخارجي الزيت الذي في الساق

الطويلة



الشكل ١٠٣

ثم أنا اذا زدنا الزئبق حتى يصير علوه في
الساق الطويلة ٣٠ فيرطاً اي حتى يبلغ علامة
٣٠ تضاعف مقدار الضغط لان ضغط الهواء
يساوي ٣٠ فيرطاً من الزئبق كما تقدم وقد
زدنا عليه ٣٠ فيرطاً اخرى . فحينئذ يرتفع
الزئبق في الساق القصيرة الى علامة الخمسة
وذلك لان الهواء الذي كان شاغلاً ما بين صفر
وعشرة منها قد صغر حجمه الى نصف ما كان عليه
بتضاعف ضغط العمود الموازن له فصار يشغل
ما بين خمسة وعشرة فقط . وكذلك اذا صار
الضغط ثلاثة اضعاف في الساق الطويلة صغر
حجمه الى ثلث ما كان في الساق القصيرة وهلم
جرأ (١)

— ١٠٣ —

(١) وجد بعض المدققين ان ناموس مريت لا يصدق تماماً على الغازات اذا تماخض
الضغط بل يختلف . ولكن هذا الاختلاف زهيد لا يعبأ به في اكثر الاعمال المعتادة

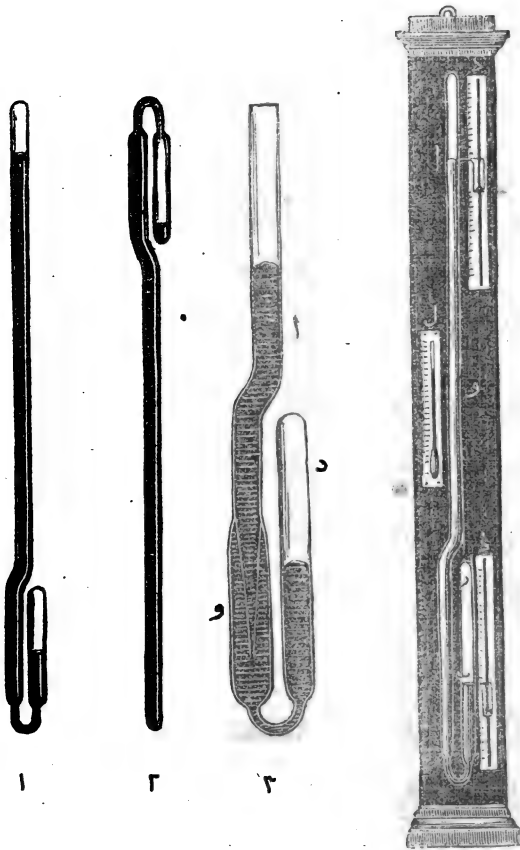
الفصل الرابع

في البارومتر وثقل المجلد

(١٦٩) البارومتر الزئبقي * قد تقدم (عد ١٦٧) ان ضغط الهواء بالاجسام لا يلزم حالاً واحدة بل يزيد وينقص لاسباب شتى . وقد اخترعوا لقياس زيادته ونقصانه آلة سموها البارومتر وهي انواع منها البارومتر الزئبقي . فهذا مؤلف من انبوبة وكاس فيها زئبق كما رأيت في الشكل ١٠٢ فيركبان معا ويوصل بالانبوبة مقياس مقسم فراريط وءاشار الفيراط وثرمومتر (مقياس الحرارة) لمعرفة حرارة الزئبق ويحفظ الكل في محفظة . وهو اشكال كثيرة نذكر منها شكلاً واحداً يسمى بارومتر كاي لساك . فهذا يستعمل فيه انبوبة زجاج ملئوبة احدى شعبتيها اطول كثيراً من الاخرى . والشعبة الطولى المسدودة عند راسها مملوءة زئبقاً اذ الشعبة القصرى المفتوحة تستخدم كالكاس في البارومتر الزئبقي والفرق بين السطحين هو ارتفاع البارومتر

الشكل ١٠٤ عدد ١ يدل على هيئة بارومتر كاي لساك .

فلكي يجعله نافعاً مناسباً للسفر وصل بين الشعبين وإذا
انقلب الآلة كما في عدد ٢ تبقى الانبوبة دائماً مملوءة



الشكل ١٠٤

٤

بداعي كونها شعرية والهواء لا يتدران يلج الى الشعبة الطولي.

على انه قد تنزق لطفة سريعة بغنة بين اجزاء الزئبق وتكون فرصة للهواء ان يدخل قليل منه اليه . فاحياطاً لذلك اضاف المستر بنطن تدبيراً ايضاً الى الآلة فان الشعبة الطويلة منتهية الى راس مستدق وملتحمة بالانبوبة و كما ترى عدد ٢

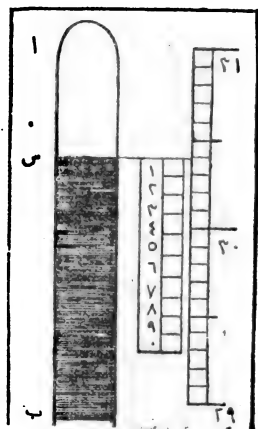
فعلى هذا النمط اذا اجناز الهواء في الانبوبة الشعرية لا يقدر ان يخترق الطرف الاسفل الدقيق من الشعبة الطولى بل يقيم في الجزء الاعلى من الانبوبة و الوسيعة وبذلك يمتنع تأثير الهواء في انتظام صعود الزئبق اذ يبقى الجزء الاعلى من الانبوبة خالياً من الهواء وفضلاً عن ذلك يمكن ازالته بسهولة

في بارومتر كاي لساك الشعبة القصوى مسدودة ولكن في جانبها ي ثقباً دقيقاً منه ينفذ الهواء الى داخلها فيضغط على الزئبق

اما العلو البارومتري فيتعين بواسطة مقياسين لها صفر مشترك عند و عدد ٤ نحو منتصف الشعبة الطولى مقسومين الى جهتين متخالفتين احدهما من و الى ا والآخر من و الى ب اما على الانبوبة نفسها او على افاريز نحاسية موازية للانبوبة . وفي جانب المقياسين مدقنان (فرنيران) د وذ يدلان على اعشار المليمتر . وكل ارتفاع البارومتر ب هو مجموع البعدين من و

الى ا ومن و الى ب

اما المدقق فهو ما يتصل بالمقياس المنقسم ويحرك على محاذاته الى الاعلى والاسفل . فتعرف منه اجزاء المئة من الثيراط كما يأتي . ليكن ب س في



الشكل ١٠٥

الشكل ١٠٥ اعلى عمود الزئبق في البارومتر و ٣١ و ٣٠ و ٢١ الى يمين المليمترات او القراريط على المقياس المنقسم مقسوماً كل منها الى عشرة اقسام . ولنفرض ان كل ١٠ اقسام من المدقق عن يسار هذه الاقسام تساوي ١١ قسماً منها فيزيد كل قسم من المدقق عُشرًا على كل قسم منها . ولما كان كل قسم منها عشر الثيراط فتكون زيادة كل قسم من المدقق على كل قسم منها عشر عشر الثيراط اي جزءا من مئة من الثيراط . فاذا اردنا ان نعرف ارتفاع

العمود الزئبقي بالمدقق نقول ان اعلاه واقع بين ٣٠ و ٣٠ و ٣٠ و ٣٠ و ٣٠ و ٣٠ . ثم نجعل اعلى المدقق مطابقاً وننزل حتى نجد المطابقة بين اقسام المدقق والمقياس وهي في الشكل عند ٨ فيكون ارتفاع الزئبق ٣٠ و ٣٠ و ٣٠ و ٣٠ و ٣٠ و ٣٠ . وعلى هذا المنوال بقسم المقياس الى اجزاء من الالف ايضاً . فيُعرف تغير ضغط الهواء ولو كان جزءا من الف جزء من الثيراط

(١٧١) فائدة البارومتر * البارومتر يستعمل لأمريين اهمهما الدلالة على الطقس والآخر قياس ارتفاع الجبال . اما الدلالة على الطقس فلا تؤخذ منه راساً لانه انما يدل على تغيرات ضغط

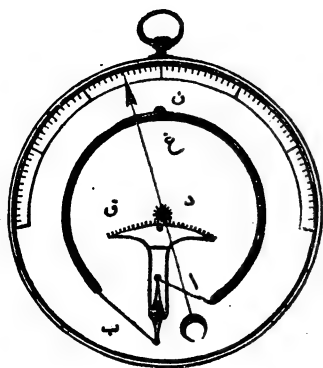
الهواء . وهذه التغيرات منها ما هو دوري فيحدث في ساعات معلومة من اليوم ومنها ما هو عرضي فلا يحدث في اوقات معلومة . فيستنتج حال الطقس من هذه التغيرات العرضية . والمعاد ان يكون ارتفاع الزئبق دليلاً على حسن الطقس وهبوطه دليلاً على رداءته . وينتظر هبوب رياح شديدة او حدوث انواء اذا هبط الزئبق هبوطاً عظيماً فجائياً . ولكن دلالات البارومتر لا يجزم بصدقها وما ذكرناه منها اصدق مما سواه

واما قياس ارتفاع الجبال به فلائه كلما زاد الارتفاع خف ضغط الهواء (عد ١٦٧) فيهبط الزئبق حتى يوازئه فيعرف مقدار الارتفاع من هبوط الزئبق بمحاول مدققة مصنوعة لذلك

(١٧٢) البارومتر المائي * من انواع البارومتر البارومتر المائي

وهو مثل الزئبق في مبدئه ولكن الماء ينوب فيه عن الزئبق وطول انبوبة ٢٤ قدماً اي نحو ١٢ مرة طول انبوبة البارومتر الزئبقي قبل ان اول بارومتر صنع كان مائياً صنعه اطوفن كركي المكديرجي صاحب الكاسين المعروفين باسمه (عد ١٦٢) فنصب انبوبة طويلة من حوض في قبو يمتد الى سطح البيت . واقف شخصاً من الخشب على وجه الماء في الانبوبة . فكان اذا حسن الطقس يرتفع الشخص بارتفاع الماء ويشرف على ما حوله من المساكن واذا تكرر الطقس واقترب النوء ينزل ويخفي . وما زال يفعل ذلك في حوض حتى شعراهل المدينة به وزعموا ان بين اطوفن كركي وبين الشيطان علاقة وانه يصعد ذلك الشخص ايام الصحو وينزله ايام النوء

بعلم سابق من الشيطان فاشتكوا عليه وأكروه على إبطاله
واعلم ان البارومتر الزئبقي يستجار على المائي لزيادة خفته
واحتماله للبرد وقلة ما يتحول منه الى بخار بالنسبة الى ما يتحول من
الماء. فقد وجدوا انه اذا كانت الحرارة ٢٢° ف (وهي درجة
الجليد) ينخفض الماء في البارومتر المائي نصف قيراط بسبب ما
يتحول عنه الى بخار واذا كانت الحرارة ٧٥° ينخفض ١٢ قيراطاً
(١٧٣) البارومتر المعدني * ومن انواع البارومتر البارومتر



الشكل ١٠٦

المعدني اخترعه رجل فرنساوي
اسمه بوردون وهو سير رقيق
اجوف من النحاس ن منحن على
شكل قوس دائرة. يربط طرفاه
ا وب بشريط ويفرغ الهواء منه
ويسد سداً هرمسياً ويوضع في
علبة. فاذا زاد ضغط الهواء له من

الخارج انضغطت جدرانه الى الداخل واقترب طرفاه احدهما
الى الآخر واذا نقص ضغط الهواء من الخارج ابتعدا احدهما عن
الآخر. فمن تحركهما اقترباً وابتعاداً ثم انتقال حركتهما على القوس

(١) يراد بالسد المرمسي في اصطلاح الكيمياء ان يحكم السد حتى لا تدخل منه
الطيف الاجسام وادقها كالهواء والغازات وذلك لمنعهما محكما او بسد بسدادة محكمة

المستنة ق ومنها على الدولاب د الى العقرب غ ينحرك العقرب
يميناً او يساراً على مينا مقسمة اقساماً متساوية فتعرف منها تغيرات
ضغط الهواء ومنها تغيرات الطقس

(١٧٤) البارومتر الانيرويد * اخترعه فيدي الباريسي وهو كالبارومتر
المعدني في كونه يقيس ضغط الهواء بواسطة صنجية رقيقة من النحاس او نحو .
وهو عبارة عن علبه صغيرة مستديرة غطاؤها رقيق جداً ينزغ الهواء منها
ويُسَدُّ غطاؤها سداً هرمسياً . ثم توضع في علبه اخرى وجهها مقسم كأنه مينا



الشكل ١٠٧

ساعة كما ترى في الشكل ١٠٧ فاذا
زاد ضغط الهواء عليها انضغط غطاء
العلبة المجرأنة الى الداخل واذا نقص
ضغطه عاد الغطاء وارتفع فتنتهي
حركة انضغاطه ورجوعه هذه الى
عقرب بواسطة عدة انحال ذبقة
فيدور العقرب على وجه الغطاء البراني
ويظهر دورانه مكبراً واضحاً . فيعرف
منه تغير ضغط الهواء . وهذه الآلة مزينة

على غيرها من جسمها بسهولة حملها . واذا كانت محكمة الصنع دلت على تغير
الضغط مها قل . فانها تتغير ولو ارتفع حاملها من الارض الى كرمي فقط .
ولذلك تستعمل كثيراً لقياس علو الجبال غير انه اذا أريد تمام التدقيق بها
تقابل بالبارومتر الزئبقي كل يسير

واعلم ان ما يكتب على البارومتر لتعيين الصحو والمطر والنوء والاعتلال
الخ . فصحة لا ينقطع بها ولا سيما في غير الاماكن التي كتب بها وسبب ذلك

واضح لمن نعن في ما قبل عن تغير ضغط الهواء ودلائله على الطمس (١٦٧)
(١٧١)

(١٧٥) ثقل الهواء على جسد الانسان * ان مساحة جسد الانسان المتوسط القائمة ١٦ قدماً مربعة اي ٢٢٠٤ قراريط مربعة . وضغط الهواء ١٥ ليبرا على القيراط المربع فضغطه على ٢٢٠٤ قراريط اي مساحة جسد الانسان ٢٤٥٦٠ ليبرا او أكثر من ٦١ قنطاراً

فاذا قيل كيف يحمل الانسان ٦١ قنطاراً من الهواء ولا يشعر بثقلها مع انه لو حمل ٦١ قنطاراً من غير الهواء لتثقل تحت ثقلها سمحاً فلنا ان الهواء يضغط الجسد من كل جهة فضغطه على الصدر مثلاً يقاوم ضغطه على الظهر . واذا قيل فلماذا لا يطنق الصدر على الظهر بين ذينك الضغطين ولا ينهق الجسد كله كذلك فلنا ان في الجسد اجزاء جامدة كالعظام واللحم وسائلة وغازية فالجامدة تحمل اثناً اعظم جداً من هذه والسائلة لا تنضغط بضغط الهواء لما الا قليلاً جداً (عد ٢٠) والغازية تنضغط كثيراً ولكنها تزداد مرونة كلما انضغطت (عد ١٦٠) فتقاوم الهواء الضاغطة الجسد من الخارج فيجعل الجسد ثقل الهواء ولا يتثقل به . ولذلك اذا اخرج الهواء من الصدر بالتنفس يشعر الانسان بضيق في صدره من ثقل الهواء الخارجي عليه . واذا زال الهواء الخارجي عن الجسد يتنفخ ويصير الانسان كالمرموم لان الهواء الذي داخله يضغطه من الداخل ولا شيء يقاومه من الخارج . وعلى ذلك يجري التحميم فتري التحميم يحرق ورقة في المحمية ليختف الهواء داخلها ويتلطف فينقل كأنه قد فرغ بالمرغة . ثم يقلب فيها على الجسد فيبرز الجسد تحتها لان الغازات الداخلية تضغطه من الداخل وضغط الهواء الباقي في المحمية قليل لا يساوي ضغطها

فيجمع الدم في ما برز واتفخ من الجلد فيشطب الجأح لاجراج الدم منه. ولذلك
ايضاً اذا مصّ الانسان هواً من قنينة تلتصق بفمهِ . فكان البارّي خلق فيه
مفرغة تفرغ الهواء وجعل صدره اسطوانتها

وعلى ما تقدّم يشي بعض الناس على سفوف البيوت سفليين وروسم الى
الاسفل وارجلهم الى الاعلى . ويبان ذلك انهم يلمصون بالسفوف قطعاً من الجلد
بتفريغ الهواء من بينها وعلقون ارجلهم باوتار مبروطة بالجلد . ويمصون برفع
حرف الجلدة قليلاً حتى يدخل الهواء بينها وبين العنق ويسهل رفعها ثم
بالصافها بمكان آخر ورفع الرجل الاخرى كذلك . وعلى ما تقدّم ايضاً يشي
الذباب على الزجاج ويلصق البزاق والتراق بالصخور والحجار ونحوها لانها
جميعها تفرغ الهواء مما بينها وبين ما تلتصق به

(١٧٦) ثقل الجلد * لما كان ضغط الجلد ١٥ ليبرا على
القيراط المربع من سطح الارض فاذا استعملنا مساحة سطح الارض
من القاريط وضربناها في ١٥ ليبرا خرج لنا ثقل الجلد كله وهو
١١٦٣٤٩١٤٨٨٠٤٠٨٨٣٨٣٢٣ ليبرا

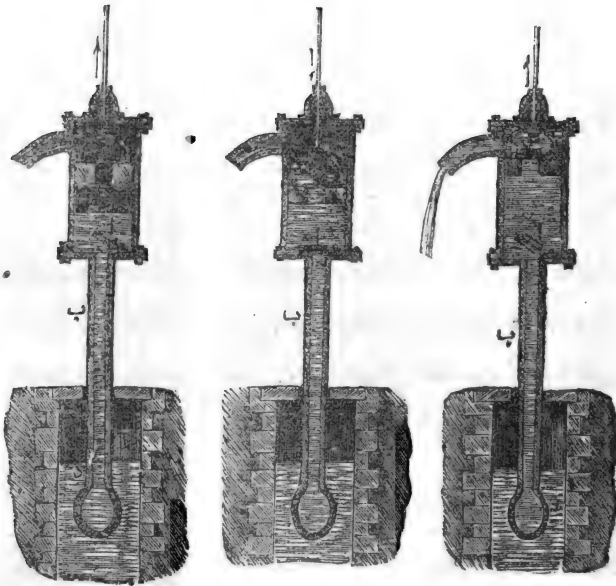
(١٧٧) علو الجلد وكثافته * من صفات الهواء انه يتدد
ويتسع كما مرّ (عد ١٦١) وربما توفّم من ذلك انه يرتفع عن الارض
الى ما لا نهاية له وهو غير صحيح . لانه كلما تدد الهواء وارتفع عن
الارض ضعفت قوة التمدد فيه بسبب برد الاعالي التي يصل
اليها حتى تنساوي فيه اخيراً قوة التمدد التي بها تتباعد دقائقه
بعضها عن بعض وقوة الجاذبية التي بها تتقارب دقائقه بعضها

الى بعض فينتهي الهواء هناك ولا يتجاوز الى ما فوقه
وقد حسبوا علوه من الشفق ما بين اربعين وخمسين ميلاً
ومن الخسوف ٦٦ ميلاً ومن الشهب والشفق القطبي بين ٢٠٠
و ٥٠٠ ميل. وهو هناك على غاية ما يكون من اللطافة فان كثافته
تقل سريعاً كلما ارتفع حتى تصير على علو $\frac{1}{3}$ ميل نصف
ما على مساواة سطح البحر. وعلى علو ٤٠ ميلاً
كثافة الهواء الذي يبقى في القابلة بعد
تفريغ كل ما يمكن
تفريغه منها

الفصل الخامس

في الآلات الهوائية

(١٧٨) الطلمبا * الطلمبا آلة لرفع السوائل اخترعت منذ قديم الزمان والمظنون ان مخترعها اكتسيبوس صانع اشتهر بالاسكندرية سنة ١٢٠ قبل المسيح . والطلمبات على اشكال متعددة تندرج جميعها تحت نوعين طلمبا السحب وطلمبا الضغط



الشكل ١٠٨

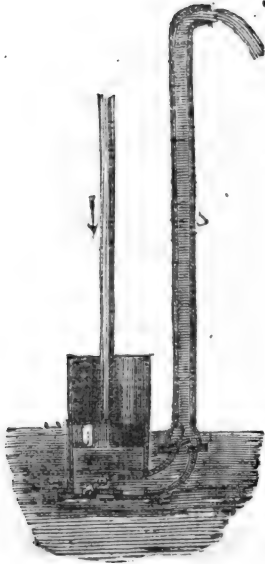
(١٧٩) طلمبا السحب * اما طلمبا السحب فهي اسطوانة من

الحديد يتصل بأسفلها انبوبة ب في الشكل ١٠٨ وتنزل منها الى
 بير الماء . ولها مصراعان احدهما ا في اعلى الانبوبة ب وقد رُسم
 منفتحاً في الاولى والاخيرة ومنطبقاً في الوسطى والاخرس في المدك
 النازل في الاسطوانة وقد رُسم منفتحاً في الوسطى فقط ومنطبقاً
 في الاخرين

واما كيفية سحب الماء بها فكما يأتي : لنفرض أننا وصلنا بداً بالمدك وان
 المصراعين منطبقان والمدك في قعر الاسطوانة فالأمر ظاهر ان الهواء يملأ
 الاسطوانة والانبوبة ولذلك يكون ضغط الهواء الذي في الانبوبة لماء البئر
 مساوياً لضغط الهواء الخارجي له فيكون سطح الماء على استواء داخل الانبوبة
 وخارجها . فاذا انزلنا اليد ارتفع المدك وبقي مصراعاً منطبقاً لان الهواء الخارجي
 يضغطه نازلاً . فينتفخ هواء الاسطوانة محمولاً على ظهر المدك ولذلك يصعد
 هواء من الانبوبة ب ممتداً بزوال الضغط عنه وينفتح المصراع ا ويملأ الاسطوانة
 فضلاً عن الانبوبة . فيكبر حجمه فيتلطف وتقل مرونته (عد ١٦٠) فيقل ضغطه
 لماء البئر عن ضغط الهواء الخارجي له فيصعد الماء في الانبوبة كما ترى في
 الشكل . ثم اذا رفعنا اليد نزل المدك فينطبق المصراع ا لان هواء الاسطوانة
 يضغط تحت المدك فيطبقه . . واما مصراع المدك س فينتفخ (لان الهواء
 المضغوط تحت المدك يضغطه الى الاعلى كما يضغط الى الاسفل) ويصعد الهواء
 منه الى اعلى الاسطوانة ويخلط بهواء المجلد . واذا انزلنا اليد ثانية ارتفع المدك
 فيحدث ما حدث عند رفعه في المرة الاولى ويصعد الماء في الانبوبة زيادة عما
 كان اولاً . وهكذا لا يزال الماء يصعد شيئاً فشيئاً برفع اليد وازالها حتى يملأ
 الانبوبة والاسطوانة فينصب من ميزابها كما ترى في الطلبات الاخيرة من الشكل
 ولما كان ارتفاع الماء بطلبها السحب متوقفاً على فرق ضغط الهواء الماء

داخلها وخارجها فلا يرتفع الماء بها الى اعلى من ٢٤ قدماً عن سطح ماء البئر .
لان ضغط الهواء لا يرتفع الماء الى اعلى من ٢٤ قدماً كما مرّ (عد ١٦٥) حتى
الاربع والثلاثين قدماً لا يابغها الماء بالطلبية لان الهواء لا يتفرّغ منها تفرّغاً
تاماً كما علمت والمدك لا يمكن تحكيمة على الاسطوانة تحكيماً يمنع كل الهواء من
الدخول اليها . ولذلك لا ترتفع طلبية السحب الماء اكثر من ٢٨ قدماً فاذا
طالت الانبوبة او زاد عمق الماء في البئر عما ذكر لم تصلح هذه الطلبية لرفع

(١٨٠) - واما طلبية الضغط فلا



الشكل ١٠٩

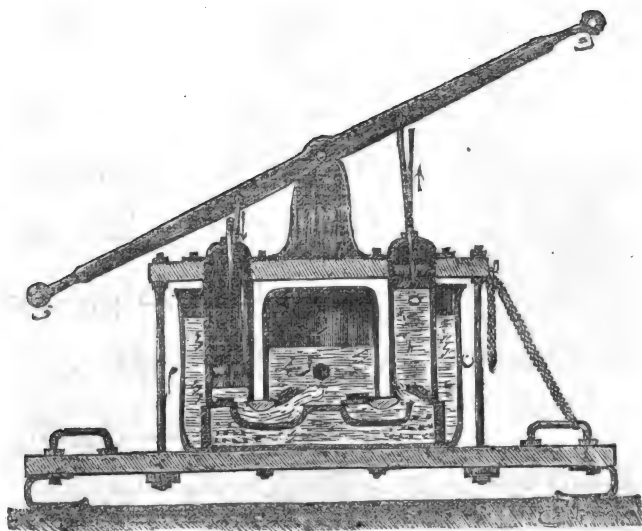
يرتفع الماء فيها بضغط الهواء بل بضغط
المدك . وليس لها انبوبة تنزل من
اسطوانتها الى البئر بل توضع الاسطوانة
نفسها في الماء كما ترى في الشكل ١٠٩ .
وليس لها مصراع في المدك كطلبية السحب
وتختلف اسطوانتها عن اسطوانة طلبية
السحب بكونها ذات انبوبة د ومصراع و
بينها وبين الانبوبة فضلاً عن المصراع

س الذي في اسفلها

وكيفية رفع الماء بها ان ينزل مدكها ب حتى يمس قعرها ثم توضع في الماء
ويرفع المدك فيجمل الهواء ويترك ما تحته من الاسطوانة فارغاً . فيرفع الماء
المصراع س بضغطه له ويدخل منه الى الاسطوانة . ثم ينزل المدك فيضغط
الماء والماء يضغط المصراع س فيطبقه وينضغط هو بين المدك وقعر الاسطوانة
حتى يرفع المصراع و الى الاعلى ويدخل انبوبة التفريغ فينصب منها الى حيث

براد . ويتوقف مقدار ارتفاع الماء في هذه الأنبوبة على مقدار ضغط المدك فاذا كان ضغطه جَلْبًا واحدًا (١٥ ليبرا على الفيراط المربع) ارتفع الماء ٢٤ قدماً . وإذا كان جَلْدَيْنِ (٣٠ ليبرا على الفيراط المربع) ارتفع ٦٨ قدماً . ولذلك يمكن رفع الماء بها من اي عمق أريد بخلاف طلبها السحب فانها لا ترفع الماء إلا من عمق ٢٨ قدماً كما تقدم (عد ١٧٩)

ويتضح مما مرَّ أن الماء لا يرتفع في انبوبة التفريغ إلا عند تنزيل المدك وإنه يبقى في مكانه عند رفعه . فمَنْ بلغ في انبوبة التفريغ لا يتفرغ منها تفرغاً متواصلاً بل منقطعاً ولذلك تلافوا سَدَّ هذا الخلل بوضع طلمبتين تدفعان الماء الى انبوبة واحدة بحيث انه متى نزل مدك الواحدة يُرفع مدك الاخرى على التوالي فيكون انصباب الماء من الانبوبة متواصلاً كما يشاهد في آلة النار



الشكل ١١٠

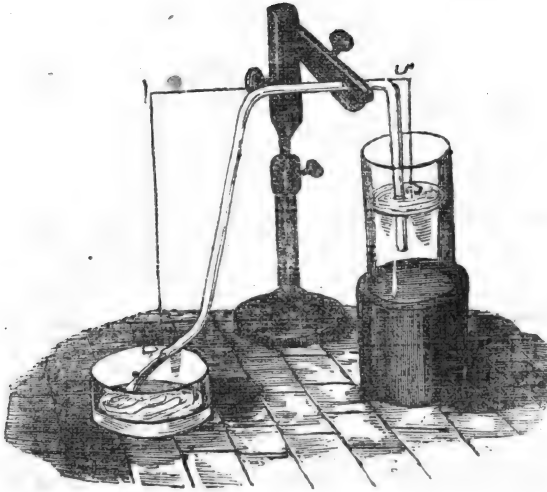
(١٨١) آلة النار * هذه الآلة مؤلفة من طلمبتين من طلبها الضغط ن وم في الشكل ١١٠ ووعاء بينهما يشغله الهواء

وتدخل حية في ثقبه ز

وكيفية العمل بها ان ينزل الطرف ف من الخشبة ف ك المتصلة
بالمدكن م ون فينزل المدك م ويرفع المدك ن ويندفع الماء الى الغرفة ر
على ما تقدم في طلبا الضغط (حد ١٨٠) ويجري من الحية الداخلة في ز. الآن
جريانه يكون ابطاً من دخوله الى الغرفة لسبب المناومة التي يلغاها من الحية
ومن الهواء عند خروجه منها فلذلك يتعالى في الغرفة ويحصر الهواء فيها
فينضغط الهواء ويرد الفعل فيدفعه من الغرفة فينصب من الحية . واذا انزل
المدك ن وأصعد م بفعل الفعل المذكور نفسه ويخرج الماء من الحية فينصب
الماء منها بانزال الخشبة ورفعها انصباباً متواصلاً . ولا يخفى على الفطن كيفية
ترتيب المصاريع وفنحها واطباها لكي تنسحب المياه من الخوض المغطس فيه
آلة وتجري الى الحية * هـ واذا كانت هذه الآلة متينة وعمل بها ثمانية رجال
وثب الماء منها الى علو ١٠٠ قدم . وسميت آلة النار لانها تستعمل لاطفاء
البيوت المتحركة ونحوها

(١٨٢) المص * المص انبوبة معكوفة ذراعها الواحدة اقصر
من ذراعها الاخرى ويستعمل لتفريغ السائلات من وعاء الى آخر
ولاسيما اذا اريد ازالة الصافي منها عما يرسب فيه من العكر والكدر
وكيفية العمل به ان يملأ من السبال ثم يسد طرفاه الى ان تغمس ذراع
النصرى في السبال المراد تفريغه فيجري متفرغاً من فوهة الذراع الطولى كما
ترى في الشكل ١١١. ويصح ايضاً ان تغمس الذراع النصرى في السبال بدون
ان يملأ المص شيئاً ثم يمس الهواء من الذراع العلوى فيمتلئ السبال منها الى
الوعاء الآخر حتى ينخفض سطحه عن طرف الذراع النصرى او حتى يصير سطحه
في الوعاء الواحد على مساواة سطحه في الوعاء الآخر

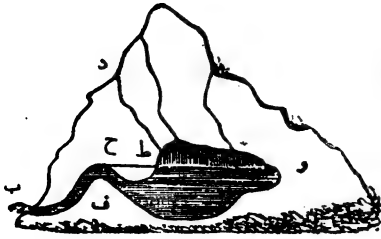
(١٨٣) تعليل المص * لنفرض ان المص (انظر الشكل ١١١) مملوء



الشكل ١١١

ماء وان ذراعهُ النصري مغموسة في الماء فلا ينبغي ان ضغط الهواء لوجه الماء
د المغموس فيها الذراع النصري سند عمود الماء س د الذي فيها . فيكون
الضغط على د الى الاعلى بقدر ثقل الجلد الأ ثقل العمود س د من الماء .
وكذلك ضغط الهواء على ب يسند العمود أ ب في الذراع الطولى فهو يساوي
ثقل الجلد الأ ثقل عمود من الماء غلظة غلظ العمود في الذراع الطولى وعلو
علو أ ب . ثم ان س د اقصر من اب فيكون ضغط الهواء على د اعظم ما
هو على ب بقدر الفرق بين طوليهما فيندفع الماء الى الذراع الطولى بقوة تساوي
الفرق بين ضغط الهواء على الذراعين

(١٨٤) الينابيع المنقطعة * من الينابيع ما يجري ماؤه مدة ثم ينقطع ثم
يجري ثانية وينقطع وهلم جرا . وسبب تنقطع جريها كونها كالمص في شكلها كما
ينضح من الشكل ١١٢ وهو صورة شطر من جبل قد قد شطرين من قنوه الى
سفوه . فليكن ف و حوضاً تخلص اليه المياه من اماكن متعددة من الجبل كما



الشكل ١١٢

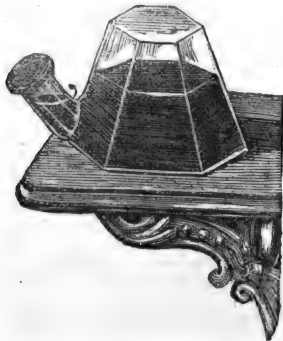
تري عند د وليكن ف ح ب
مصرفاً له على شكل المص. فواضح
ان الماء لا يتفرغ منه الا متى صار
على مساواة منغني المصرف اعني متى
صار على مساواة السطح و ط ح .
وحيث يأخذ في الجريان ويدوم

كذلك الى ان يهبط الى مساواة السطح المساوي ف فينقطع حتى يجتمع في
المحوض ويصل الى السطح الاول فيجري ثانية حتى ينقطع
وهكذا على التوالي



الشكل ١١٣

(١٨٥) كأس تتألس * من الآلات التي يظهر
عمل المص واضحاً فيها كأس تتألس وهي كأس ضمنها
مص كما في الشكل ١١٣ ذراع الطولي خارجة من قعر
الكأس وفوهة ذراع القصرى واصله الى قرب قعرها .
فيصب في الكأس ماء حتى يبلغ منغني المص فيصعد في
الذراع القصرى الى المنحنى ويجري منه وينصب من فوهة
الذراع الطولى حتى يتفرغ كله من الكأس بدوام ضغط
الماء على سطحه

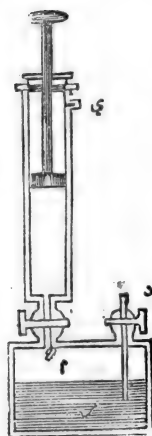


الشكل ١١٤

(١٨٦) الدواة الهوائية * تُصنع هذه
الدواة مسدودة الا ببلبلها فانه يكون
مفتوحاً . ثم تُقلب قليلاً حتى يصير فم بلبلها
الى فوق . ويصب المحر فيها حتى يملأ أكثرها
ويستقر عند و في البلبل (الشكل ١١٤) .
فيكون سطحه في الدواة اعلى مما هو في البلبل
لان الهواء المحصور في الدواة يضغط المحر

الذي فيها أقل ما يضغط المجلد سطح المحبر الذي في البلب ثم متى كتب بالمحبر ينخفض سطحه في البلبلة عن مساواة وتدخل فاقعة هواء من البلبلة الى داخل الدواة وتزيد قوة مرونة الهواء المحصور هناك فيضغط سطح المحبر حتى ينخفض في الدواة ويرفع في البلبلة الى و. ولا يزال الهواء يفعل ذلك حتى ينخفض المحبر في الدواة الى مساواة وتفتح ثانية

(١٨٧) الطلمبا الضاغطة * هي آلة تستعمل لضغط



الشكل ١١٥

الهواء وغيره من الغازات وهي عبارة عن اسطوانة ذات مدك يدخل فيها دخولا محكما كما ترى في الشكل ١١٥ وتقب في جانبها يقع اسفل المدك عند رفعه ومضراع م في اسفلها يفتح الى الاسفل كما هو مرسوم . وكيفية العمل بها ان تركب تركيبا محكما على وعاء كالوعاء مروينزل المدك فيها فيسوق الهواء امامه فيفتح الهواء المضراع م ويدخل الى الوعاء ثم يرفع المدك فيطبق المضراع م بضغط الهواء له من الاسفل وعدم وجود هواء فوقه اذ تنزع الاسطوانة . وعند بلوغ المدك الى اعلاها يدخل الهواء من ي ويسغلها . ثم ينزل المدك ثانية فيسوق من الهواء امامه ويطرده الى م ثم يرفع فيدخل الاسطوانة هواء جديد ويدام العمل على ما تقدم حتى ينضغط الهواء في م بقدر ما يراد . فاذا كان في الوعاء ماء او سائل آخر وفتحت الحنفية د يخرج منها بزخم قوي من ضغط الهواء لوجهه



(١٨٨) نفورة هيدرو * هي مؤلفة من صحن من النحاس ا

في الشكل ١١٦ وكرتين م وب وانبوبة د بين الصحن والكرة السفلى ب وانبوبة اخرى ل بين الكرتين وانبوبة ثالثة بين الصحن والكرة العليا . فتتزع هذه الانبوبة الثالثة ويصب ماء في الكرة م

الشكل ١١٦

حتى يمتلئ بعضها وتركب الانبوبة الثالثة ويصب الماء من الصحن فينزل الى الكرة السفلى ب جاريًا في الانبوبة الواصلة بينها ويطرد بعضًا من هوائها الى الكرة س في الانبوبة الواصلة بينها. فيضغط الهواء وجه الماء في س فيرتفع في الانبوبة الثالثة ويحب منها مندفعًا كما ترى في الشكل . وإنما سميت هذه النفورة نفورة هيرولان هيرو الاسكندري اخترعها في القرن الثاني قبل المسيح

(١٨٩) البلون الهوائي * هو كرة فارغة تصنع من مادة خفيفة ونملأ هواءً سخناً لطيفاً او هيدروجيناً فتفت أكثر من الهواء وتصعد . وكان أول اصطناعه وتجريبه في فرنسا سنة ١٧٨٣ وجعل له في اسفله قومةً تحنها قارب معلق فيه ورق وعشب بابس مشتمل ليجي الهواء فيدخل البلون خفيفاً . فصعد كذلك الى علو ٢٠٠٠ برد ثم برد هوائه فنقل ومبط سريعاً . ولما رأى الفرنسيون ذلك شرعوا في تحسينه فصنع اسناذ منهم يسمى شارل بلوناً وملأه هيدروجيناً وضعد فيه الى اعالي الجو في سنة ١٧٨٣ ثم شاع استعماله وبرع فيه كثيرون

ومن اشتهر الذين خدموا العلم يوكي لوساك فانه صعد فيه الى علو ٢٢ ألف قدم عن مساواة سطح البحر حيث مبط البارومتر الى ١٢'٦ القنبراط ولطف الهواء جداً وقرس البرد واشتد الجفاف وأسرع التنفس ودوران الدم في كي لوساك من شدة لطافة الهواء حتى صار نبضه يضرب ١٢٠ ضربة في الدقيقة عوضاً عن ٦٦ ضربة كما هو المعتاد . ورأى لون الجلد من هناك ازرق قائماً جداً * والعلامة كليشر فانه صعد مع آخر في سنة ١٨٦١ الى ما بين ٢٦٠٠٠ و ٢٧٠٠٠ قدم من الارتفاع حيث مبط البارومتر الى ٧ قراريط ولطف الهواء الى الغاية واشتد البرد جداً (١٦ س تحت الصفر) فأغني عليه ولم يعد يستطيع الرصد

ويصنع البلون الآن من الحرير ويطلو بطلاء يمنع الهواء من نفوذه ثم يملأ بالهيدروجين او بغاز الفحم ويعلق به قارب يجلس فيه من يركب البلون ويوصل بالقارب راية ومرساة . ويطلق البلون فيصعد الى ان يبلغ علواً يخفف الهواء

عده فلا يعود بحمله فينف هناك حتى تسوقه مجاري الرياح . ويعلم الراكب حينئذ اذا كان صاعداً او نازلاً من ارتفاع البارومتر وهبوطه . فاذا اراد الهبوط شدّ حبلاً فيفتح مصراعاً في البالون فيخرج منه قليل من الغاز فيهبط . واذا اراد ان يجعل هبوطه بطيئاً او ان يرتفع ثانية يفرغ من قاربو أكياساً من الرمل بحملها معه لذلك . ويتسهّل هبوطه بواسطة المرساة فانها متى علقت بحجمٍ وشدّ الراكب بحبلها ينزل البالون الى الارض

هنا وقد استعملوا البلونات لتجسس حركات العدو كما فعل الاميركانيون في حربهم الاممية وكما فعل الفرنسيون في حصار باريز . فهنا مع مراقبة اعالي الجبلد جميع ما انتفعوا به الى الآن

(١٩٠) الوافية * هي عبارة عن قطعة قماش كبيرة مستديرة قطرها نحو ١٦ قدماً تشدّ على قضبان كما تشدّ المظلة . فاذا نزلت في الهواء انفتحت . ويجعل في وسطها فتحة حتى يخرج منها الهواء المضغوط تحتها وهي نازلة نزولاً سريعاً فلا تهتز الى هنا ولا الى هناك . وهي توصل بالبالون والقارب معاً فاذا اصاب بالبالون مصيبة قطع الراكب الحبل المتصلة به فتنتل به نزولاً سريعاً فيقاومها الهواء فتنتفخ فوقه كالمظلة فينتل رويداً رويداً الى الارض متقياً شرّ السقوط ولذلك سميها بالواقية

(١٩١) المنفاخ * المنفاخ آلة معروفة وهو اشكال جميعها مبنية على ضغط الهواء ويبان ذلك ان بوضع في احدى عارضيه مصراع فتى ابعدت العارضة العارضة الاخرى عنها اي انفتح المنفاخ يفتح المصراع فيدخل الهواء منه ويملأ المنفاخ ومتى انطبق المنفاخ ينطبق المصراع فيخرج الهواء من فم المنفاخ

(١٩٢) الخاتمة * تسلط على الهواء ثلاث قوّات واحدة منها ضدّ ثنتين .

وهذه الثلاث هي قوّة جاذبية النقل التي بها يلصق الهواء بالارض والقوّة الدافعة عن المركز وقوّة الدفع بين الدقائق وهي القوّة الناتجة عن الحرارة ومانان القوتان هما اللتان بها يطلب الهواء الابتعاد عن الارض كأن تحته دافعاً

بدفعة عنها فلولا المجاذبة لفرّ الهواء عن الأرض وناله في نواحي الفضاء
واعلم انه لما رأى القدماء ان الهواء ينغم ليشغل الأماكن الفارغة علّوا ذلك
بقولهم "ان الطبيعة تكره الفراغ" وعليه جرى المتأخرون في عمل آلاتهم حتى
اذ كانوا يحثرون يبراً بقرب فلورنسا بإيطاليا في القرن السابع عشر حاروا في
امرهم لان الماء لم يصعد معهم الى علو المصراع السفلي في طلبها السحب . فسالوا
الفيلسوف غليليو عن سبب ذلك فقال لم مازحاً ان الطبيعة لا تكره الفراغ
فوق ٢٤ قدماً فكان مزحة عين الصواب

(١٩٣) مسائل للتمرين * (١) كم وزن عشرة اقلام مكعبة من الهواء .
(٢) كم ضغط الهواء لقصة مربعة من الأرض (القصة $1\frac{1}{2}$ قدم) . كم ضغط
الهواء لكساين من كوثوس مكديرج قطر كل منها اربعة قراريط . (٤) اذا
كان ارتفاع عمود الزئبق ٢٨ فيراطاً فكم قدماً يكون ارتفاع عمود بوازنة من
الماء . (٥) كم يكون حجم ١٠٠ فيراط مكعب من الهواء تحت ضغط جلدّين
(٣٠ ليبراً على الفيراط المربع) . (٦) اذا رفعنا الذراع الطولى من المصّ سرباً
والماء جاري فيه فالى اين يجري . (٧) اذا رفعنا المصّ كله كذلك فكيف يجري
الماء . (٨) ارتفاع الزئبق في البارومتر $29\frac{1}{2}$ فيراط فعلى اي علو يمكن وضع
المصراع السفلي من طلبها السحب . (٩) لماذا لا تندر على رفع الماء بالمص الى
اعلى من سطحه . (١٠) اذا انضغط الهواء في وعاء من آلة النار حتى صار $\frac{1}{16}$ من
جرمو الاول فكم يكون ضغطه لكل فيراط مربع من الوعاء . (١١) لماذا تصاعد
النوافع من قدح الشاي اذا ألقيت فيه قطعة سكر . (١٢) الى اي علو يرتفع
البلون . وك من الثقل يحمل . (١٣) ان الهواء ينحث فيهبط الزئبق في البارومتر
عند اضطراب الطقس ويثقل فيعلو الزئبق عند صحوه فاسبب ذلك . ج . لانه
في الصحو تخرج الرطوبة بالهواء بصورة بخار غير منظور فتزيد ضغطه فيعلو
البارومتر واما في النوء فتتصل الرطوبة عن الهواء وتحوّل الى سحب ومطر
ونحوها فينبث الهواء فيهبط البارومتر . (١٤) أيكون الهواء لطوياً ام كثيفاً اذا

صعد الدخان من المدخنة صعوداً عمودياً. (١٥) لماذا لا نشعر بثقل الهواء
 علينا. (١٦) هل تكون القنبلة فارغة وهي ملأة هواء. (١٧) لماذا يُسْتَقَل المشي
 في الأحوال الدلفانية. ج. لان الهواء يكاد ينفِخ من تحت اقدامنا فيقل ضغطه
 لبواطنها من الاسفل ولذلك نشعر بثقلها عليها من الاعلى. (١٨) كيف يؤثر تغير
 كثافة الهواء في الذين يصعدون في البالون الى علو عظيم او الذين يصعدون
 على قمم الجبال الشاهقة. (١٩) كيف يؤثر تغير كثافة الهواء في الذين يغوصون
 بنافوس الغواصين. (٢٠) على اي مبداء يمكنك مص النظر بفصلة. (٢١) قد
 يتعطل المتفاج وهو جديد فما هو سبب ذلك. (٢٢) لماذا ينطق القنديل اذا
 سددت فم زجاجته. (٢٣) لماذا يستصعب الانسان قطع النفس طويلاً.
 (٢٤) اذا ملأت قنبلة ضيقة العنق ماء وقلبها بسرعة فلماذا لا ينصب
 الماء منها. (٢٥) هل يلزم ان تكون انبوبة البارومتر متساوية
 الثخن في كل اقسامها. ولماذا. (٢٦) لماذا لا يدخل
 الماء البحيرة اذا قلبت
 فيه على
 فيها



الباب السابع

في السمعيّات

الفصل الاول

في الصوت وانتقاله

(١٩٤) تمهيد * السمعيّات فنٌ يبحث فيه عن الصوت

ونواميسه

قبل التكلم عن الصوت نقول : اتفق علماء هذا الفن على ان دقائق الاجسام متحركة على الدوام والذي حلّم على الاتفاق على ذلك هو سهولة تحليل المحوّدات الطبيعيّة به وليس انهم شاهدوا حركة الدقائق او اثبتوها بالبرهان القاطع . ولكنهم لا يعرفون شكل تلك الحركة فربما كانت في خطوط مستقيمة او منحنية ذهاباً واياباً وربما كانت دائرية فتتحرك بها الدقيقة حول محورها او حول غيرها وربما كانت ناتجة من هذه الحركات كلها معاً او من بعضها . فاذا وقعت هذه الحركة او هذه الاهتزازات على الاذن حصل منها الصوت واذا وقعت على العين حصل منها النور واذا وقعت على الاعضاء اللامسة حصلت منها الحرارة وذلك بشرط ان تكون على درجات معلومة من السرعة فيتنوع ادراك النفس لهذه الاهتزازات بحسب القوى التي ينشأ عنها في مشاعر الانسان

(١٩٥) الصوت * الصوت اهتزاز في دقائق الاجسام ينتقل الى الاذن فتشعر به . والدلائل على ذلك كثيرة منها : اننا اذا ملأنا كأساً من الزجاج ماء الى نصفها وبللنا اصابعنا بالماء وفركنا جوانب الكأس حتى تصوت رأينا ان الماء يضطرب فيها حينئذ قليلاً وما ذلك الا من اهتزاز دقائقها . واذا فرعنا جرساً او جسماً آخر حتى يرنّ ولمسناه بالانامل شعرنا باهتزاز واضح فيه . واذا شددنا وترأ وجررنا عليه قضيباً اهتز واسمع لاهتزاز صوتاً .



الشكل ١١٧

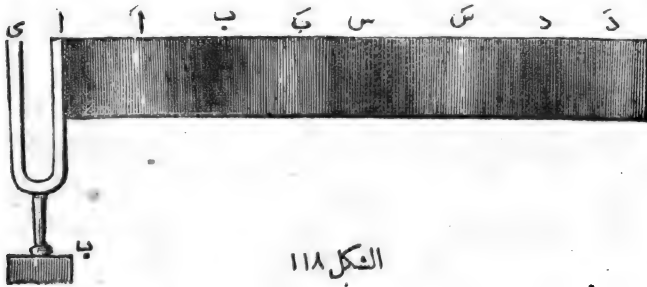
واذا ضربنا مقياس القرار بجسم صلب تهتز دقائقه فيحدث من اهتزازها صوت رنان . ثم اذا ادبناه من وجوهنا شعرنا بنسيمات الهواء التي يدفعها باهتزازها واذا وضعنا مقبضة بين اسناننا شعرنا باهتزاز جيداً . واذا وصلنا قطعة من المعدن محددة الرأس بشعبة من شعبتيه كما في الشكل ١١٧ ثم سحبناه على وجه زجاجة مدخنة يرسم خطاً متعرجاً يدل على اهتزازاته وعلى عرض كل منها من طرف تعرجية الى طرفها الآخر

فيتضح من هذه التجارب ومثالها ان الاجسام اذا قُرعت تهتز دقاتها فيحدث الصوت من اهتزازها. ويسمى الجسم المهتز المحدث للصوت الجسم الصائت والجسم الناقل الصوت الى الاذن وهو الهواء غالباً الموصل . ويكون مرناً دائماً . فاذا قرعنا جرساً فالجرس هو الصائت والهواء الموصل

(١٩٦) انتقال الصوت في الهواء * فلنا ان الصوت يحدث من اهتزاز دقاتي الاجسام وان موصلة يكون مرناً دائماً فانقلبه في هذا الموصل لا بد ان يكون بنموج دقاته . ويتضح ذلك من مقياس الفرار والقطعة المحددة المتصلة باحدى شعبتيه (الشكل ١١٧) فانه اذا رقي المقياس تهتز القطعة المحددة فتتقدم دقاتها قليلاً ضاغطة الهواء امامها ثم ترجع تاركة ما بينها وبين الهواء المضغوط هواء لطيفاً ولا تزال تتقدم وترجع كذلك حتى لا تعود اهتزازاتها كافية لاحداث الصوت

فيحدث من كل اهتزاز من اهتزازها موجة من امواج الصوت. وهذه الموجة مؤلفة من هواء متكاثف وهواء متلطف . فينزل الهواء المتكاثف من موجة الصوت منزلة رأس الموجة من موجة الماء (١٥٤) وينزل الهواء المتلطف منها منزلة البطن من موجة الماء . ويناس طول موجة الصوت من تكاثف الى تكاثف او من تلطف الى تلطف . ترى صورة امواج الهواء في الشكل ١١٨ فالاجزاء الحاملة المواد ا ب س د تدل على التكاثرات من الامواج والاجزاء الخفيفة المواد آ ب س د تدل على التلطفات منها * اذا

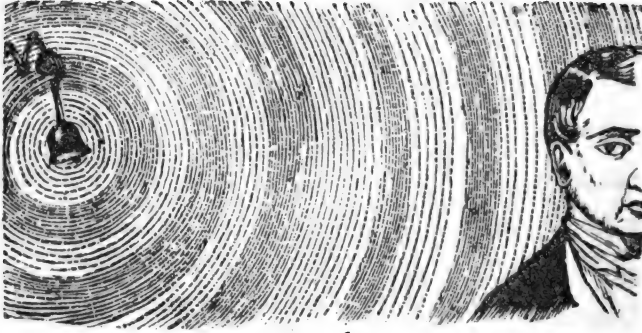
اطلقنا مدفعاً فالغازات التي تتولد من البارود تبتدئ بغتة فتنضغط الهواء الذي حولها حتى يصير كأنه كرة مجوفة باطنها فارغ ومحيطها هواء متكاثف . وهذه الكرة تنضغط الهواء الذي حولها فتصير كرة مجوفة أكبر منها وترجع في بروتنها فتصير لطيفة : والكرة الثانية تنضغط الهواء الذي حولها أيضاً فتصير كرة أكبر منها وترجع في بروتنها وتلطف فينتقل صوت المدفع بنموج الهواء موجات متكاثفة فتلطيفة حتى تزول . غير ان دقائق الهواء لا تنتقل من مكانها بالنموج الأقليلاً كما ان دقائق الماء لا تنتقل في الامواج من مكانها الا بقدر علو الموجة (عد ١٥٢) اما دقائق الماء فتتحرك تحركاً منتبها اي طالعاً ونازلاً واما دقائق الهواء فتتحرك تحركاً افقياً اي انها تتقدم وتتأخر في جهة التمدد ولا ترتفع ويهبط



الشكل ١١٨

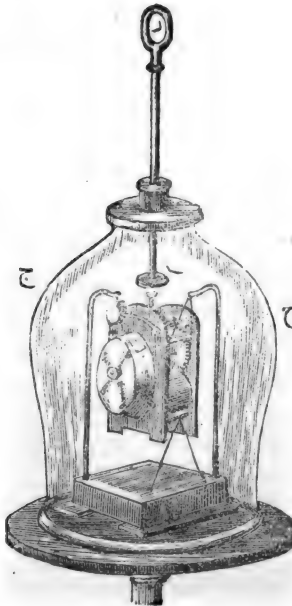
واذا دُق الجرس يهتز دقائقه فتتقدم قليلاً وتدفع الهواء المباشر لها وتنضغطه فتكثفه . ثم ترجع فيلحقها قسم من دقائق الهواء الملاصقة لها فقط ولذلك يكون بينهما وبين الهواء المتكاثف هواء متلطف فيحصل منها موجة قسم متلطف وهو الملاصق لدقائق الجرس وقسم متكاثف وهو ما يليه . وهذا القسم المتكاثف يتقدم قليلاً فيضغط الهواء المباشر له ويكثفه ثم يرجع هو ويتلطف فيحصل من ذلك موجة اخرى قسم منها كثيف وقسم لطيف . وعلى ما تقدم ينتقل صوت الجرس بهواء يتكاثف نارة ويلطف اخرى الشكل ١١٨ حتى يصل الى الاذن فتشعر به * واذا تكلمنا لانتلفظ الهواء من الرنين الى اذن السامع وانما نكثف به الهواء المباشر لانفواهنا وهذا يكثف ما حوله فنحدث من ذلك امواج صوتية

مستديرة تنتقل حتى تقع على آذان السامعين فيسمعون كلامنا . وهذه الامواج
مستديرة مثل الامواج المستديرة التي تحدث في الماء من الفاء الحجر فيه



الشكل ١١٩

(١٩٧) الصوت في الفراغ * اذا لم يكن موصل بين الجسم



الشكل ١٢٠

المهتز والاذن فلا يسمع له صوت .
ولذلك اذا دق الجرس في وعاء
قد تفرغ الهواء منه لم يسمع صوت
رنينه مع انه يهتز والهواء لا يزال
موجوداً خارج الوعاء

ومنه صورة آلة يمتحنون بها ذلك
(الشكل ١٢٠) وهي قابلة من الزجاج
ج ج داخلها جرس ب ودواليب
فتمحرك الدواليب بالفضيب ر وترن
الجرس . فاذا تفرغ الهواء حينئذ من
القابلة يهتز الهواء لم يسمع للجرس الا
صوت خفيف ولو وضعت الاذن بالصلق

القابلة. وكلما تطفء هواء القابلة بتفريغ منها ضعف الصوت حتى ينقطع تماماً في الفراغ الكامل ولذلك لا يصل صوت النجوم^(١) الى الارض فتجري الدراري في افلاكها ولا يسمع صوتهم كما قال داود النبي . وقيل ان صوت البندقة على راس الجبل الابيض ليس اقوى من طفطة المحروانة بعسر التكلم عليه لان الناس لا يسمعون بعضهم بعضاً هناك الا بالصوت الجهير من لطافة الهواء وكلما تكاثف الهواء اشتد الصوت فالذين يتزلون الى المناجم العميقة او يغوصون في ناقوس الغواصين لا يطبقون الكلام ولو وشوشة لاشتداد الصوت عندهم من كثافة الهواء

(١٩٨) انتقال الصوت في السوائل والجوامد * ان الهواء هو موصل الصوت الى الاذن غالباً وإنما قلنا غالباً لانه قد يوصل بغيره اذ جميع المواد المرنة غازية كانت او سائلة او جامدة تصلح لنقله كما يتضح مما يأتي

اذا فرغنا القابلة المذكورة (عد ١٩٧) من الهواء حتى لا يسمع صوت رنين الجرس فيها ثم عدنا فيها ناعماً غازاً ايّاً كان سمعنا رنين الجرس . وكذلك اذا فرغنا حجرتين في الماء سمعنا صوت فرعها جلياً . واذا غاص غائص في البحر وقرع له جرس عن بعد في الماء سمع صوته . واذا خمش بالعلم على طرف قضيب من الخشب او الحديد وجلس رجل يسمع على الطرف الآخر يسمع صوت الخمش ولو كان طول القضيب ٢٥ ذراعاً . وكذلك من يضع أذنه بلمس الارض ليرى يسمع صوت اقلام عن بعد والظاهر ان الكلب يشعر بقدم الأشخاص من بعيد من وضع اذنه بلمس الارض . وكذلك اصوات البراكين تسمع عن بعد عظيم بانتمالها في الارض الجامدة

() ومجتمعا ان يكون بين السيارات مادة على غاية اللطافة فلا تسمع صوتاً . وفي مسئلة لم يزل الخلاف جارياً فيها

(١٩٩) سرعة الصوت على الاطلاق * تتوقف سرعة الصوت على مرونة وكثافة الوسط الذي ينتقل فيه فكلما زادت مرونة الوسط اسرعت امواج الصوت في الانتقال فيه لان المرونة تعمل في الدقائق على الزنبرك المشدود . وكلما زادت كثافته كثرت الدقائق المهتزة فتبسط امواج الصوت في الانتقال فيه . ويصح ما تقدم على جميع الاجسام كما سنرى

(٢٠٠) سرعة الصوت في الهواء * كلما بعدت المسافة بيننا وبين الجسم الصائت تباطأ الصوت في الوصول اليها . فاذا وقفنا بجانب قطاع حطب سمعنا صوت الناس حال وقوعها على الحطبة واما اذا ابتعدنا عنه فترى الناس تقع على الحطبة اولاً ثم نسمع صوتها بعيد ذلك . واذا أطلق مدفع بجانبنا رأينا نورا اطلاقه حالما نسمع صوته واما اذا أطلق بعيداً عننا فترى نوره اولاً ثم نسمع صوته لان الصوت يحتاج الى زمان حتى يصل من المدفع اليها واما الضوء فلا . وقد وجدنا بالتجربة ان سرعة الصوت في الهواء ١٠٩٠ قدماً في الثانية اذا كانت حرارة الهواء على درجة الجليد (٢٢ فارنهایت)

وتزيد سرعة الصوت كلما زادت حرارة الهواء لان الحرارة تقلل كثافة الهواء ولذلك يزيد الصوت سرعة في ايام الحر عما يكون في ايام البرد . ومقدار هذه الزيادة نحو قدم واحدة كلما زادت الحرارة درجة واحدة بترمومتر فارنهایت .

هنا ولما كانت سرعة الصوت تقل في الاجسام الكثيفة وتزيد في اللطيفة فسرعته في غاز الحامض الكربونيك ١٤٦ قدماً وفي الاكسجين ١٠٤٠ قدماً وفي الهيدروجين ٤٣٣ قدماً. وكلها في الثانية اذا كانت حرارة الهواء على درجة الجليد (٢٠١) سرعة الصوت في السوائل والجوامد * سرعته في

الماء ٤٧٠٨ اقدام في الثانية. ولو كانت مرونة الماء كمرونة الهواء لكانت سرعة الصوت فيه اقل من سرعته في الهواء لان الماء اكثف منه. ولكن مرونة الماء اقل من مرونة الهواء بمقدار يجعل سرعة الصوت فيه اكثر من اربعة اضعاف سرعته في الهواء. واما سرعة الصوت في الجوامد فاعظم من سرعته في الهواء ويتضح ذلك مما اذا وضع انسان اذنه على طرف قضيب من الحديد وضرب انسان اخر طرفه الثاني بمطرقة فيسمع المصغي صوتين متعاقبين الاول آتياً على الحديد والثاني على الهواء

وقد وجدوا سرعة الصوت في الحديد ١٦٨٠٠ قدم وفي النحاس ١١٦٠٠ قدم (نحو عشرة امثال سرعته في الهواء) وفي السندان ١٠٦٠٠ قدم وكلها في الثانية

(٢٠٢) ان سرعة كل الاصوات متساوية * كل الاصوات المتنقلة على موصل واحد تنتقل بسرعة واحدة سواء كانت عالية او منخفضة حادة او لينة. ودليل ذلك اننا نسمع اللحن عن بعد بجميع انغامه كما نسمعه عن قرب ويبقى الظن فيه واحداً مهما تعددت اصوات المغنين وزاد البعد. وانحن ذلك ايضاً بأن غنى

بعضهم بالغلوت عند طرف انبوبة طولها أكثر من نصف ميل
وأصغى آخرون عند طرفها الآخر فلم يجدوا في اللحن اختلاطاً
ولا اضطراباً. وعليه قبل أن قصيف الرعد لا يسبق في السرعة
وشوشة الطفل ولا دندنة النحلة

الآن ملا الحكم لم يثبت بالاستقراء والظاهر أنه لا يصح إطلاقه. قال مِلْت
أنه حشا الأرض التي ليبرا من البارود وأطلقها فكانت سرعة صوتها ٩٦٧ قدماً
في الثانية ثم حشاً ما اثني عشر ألف ليبرا فكانت سرعة ١٢١٠ أقدام في الثانية.
وقال القبطان بري كنت يوماً بميناً عن السفينة ونحن مسافرون نحو القطب
فسمعت صوت إطلاق مدفع الغروب ثم سمعت صوت الأمر بإطلاقه.
فذلك يدل على أن الصوت الشديد يسبق الضعيف خلافاً لما تقدم

٠ (٢٠٢) استعمال البعد من سرعة الصوت * قلنا أن سرعة
الصوت في الهواء ١٠٩٠ قدماً في الثانية (عد ٢٠٠) فإذا رأينا
فأس الخطاب نفع على الخطب ثم سمعنا صوتها بعد بثانية علمنا أن
الخطاب يبعد عنا ألفاً وتسعين قدماً * وإذا رأينا البرق ثم
سمعنا الرعد بعد ثوانٍ خمس ثوانٍ علمنا أن الصاعقة نزلت على بعد
 $1090 \times 5 = 5450$ قدماً

نستعمل التواني التي تمر بين وميض البرق ومزيم الرعد من غروب التواني
في الساعة أو من ضربات النبض. والمعاد أن نحسب سرعة الهواء ١٢٠ قدماً
في الثانية لأن هذه سرعة على درجة ٦١° وفي معدل حرارة الهواء تقريباً.
ويندر أن تكون حرارة الهواء على درجة الجليد

(٢٠٤) شدة الصوت * أن شدة الصوت تزيد وتنقص على

ما يأتي : أولاً . ان شدة الصوت متوقفة على سعة اهتزاز
سعة الاهتزاز في النغمة التي تحرك فيها دقائق الجسم الصائت ذهاباً وإياباً
وهذه كلما زادت زادت سرعة الدقائق كما ان سعة الرقاص كلما زادت زادت
سرعة خطرانه . وكلما زادت سرعة الدقائق زاد زخمها لان زخم الجسم يساوي
سرعته في ثقله (عد ٧٠) وشدة الصوت انما هي عبارة عن مصادمة دقائق الهواء
لاذن السامع بزخم عظيم . فاذا زادت سعة الاهتزازات زادت شدة الصوت
واذا صغرت السعة ضعف الصوت * ثم ان دقائق الهواء تكون على قمم الجبال
الشاخنة اقل مما تكون على سفوحها لان الهواء الظم الطف من هواء السفوح .
فاذا انتقل الصوت على هواء الظم الشاخنة لا يصيب الاذن الا دقائق قليلة من
دقائق الهواء فيكون زخمها ضعيفاً والصوت كذلك

ثانياً . ان شدة الصوت تقل بقدر ما يزيد مربع البعد عن
الجسم الصائت

وذلك لان الصوت يتقل في امواج كالكرات المجرىة (عد ١٩٦) فكلما
كبرت الكرة كثرت الدقائق التي يلزم هزها فيها فتضعف الاهتزازات لان
عين القوة التي في القرب تحرك الدقائق . القليلة في الكرة الصغيرة تتوزع في
البعد على الدقائق الكثيرة في الكرة الكبيرة . ويرهن في الهندسة ان سطوح
الكرات مناسبة لمربعات انصاف اقطارها . ونصف قطر كرة الصوت هو
بعدها عن الجسم الصائت الذي بحسب مركزها . فاذا القوة التي تصدم بها
دقائق الهواء المهتزة آذنا تقل كزيادة مربع بعدنا عن مصدر الصوت الذي
اهتزت به . اي ان شدة الصوت تقل كزيادة مربع بعدنا عن الجسم الصائت^(١)

(١) ان المجاذبة والنور والحرارة تجري مجرى الصوت ايضاً فتعقب بزيادة مربع
البعد . فما يصدق على احدها من هذا القيل يصدق على الآخر . ويستدل من نواحيها
بالادلة البينة على ان واضعها واحد ويجري فيها على سنن واحد

ويتضح مما الحكم بالتجربة ايضاً فاذا صنعنا خمسة اجراس من حجر واحد وصوت واحد ووضعنا اربعة منها على بعد ٢٠ ذراعاً عنا وواحداً على بعد عشر اذرع وقرعناهما وجدنا صوت القريب منها يساوي اصوات الاربعة الأخرى في الشدة . وذلك لان بعدها مضاعف بعده وصوتها بضعف بقدر مربع ذلك المضاعف اي $2^2 = 4$ اعني ان صوت الجرس الواحد منها يساوي ربع صوت الجرس القريب فصوت الاربعة معاً يساوي صوته

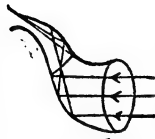
ثالثاً . ان شدة الصوت تتغير بحسب حركة الهواء واتجاه الريح فاذا كان الهواء مادناً سهل انتقال الصوت فيه أكثر مما لو تحرك . واذا كان متحركاً اشتد الصوت في جهة الريح فاذا خاطب شخص شخصين حينئذ الواحد على جانب منه والآخر على الجانب الآخر وكلاهما على بعد واحد منه كان صوته اشد عند الذي تحل الريح الكلام اليه رابعاً . ان شدة الصوت تنوقف على قرب الجسم الصائت من الاجسام الرنانة

فاذا جعلنا خيطاً يهتز في الهواء بدون ان يقارب جسماً رناناً كان صوته ضعيفاً واما اذا جعلناه يهتز بقرب قيثارة او رباب اسمع صوتاً شديداً

(٢٠٥) انايب التكلم * في انايب توضع في الابنية الكبيرة بين غرفة واخرى حتى اذا اراد الانسان ان يكلم غيره بكلمة وهو في مكانه بوضع فوه على فم الانبوبة فيسمعه الآخر بوضع اذنه على فمها الآخر . والسبب في وصول الصوت الى اذن السامع انه يحد في الانبوبة فلا يتبدد ولا تنل شدته بل يجري الى ابعده مما يجري بدونها . قال بيوانه كان يتكلم مع غيره في انبوبة طوله ٢١٢٠ قدماً بباريس ويسمع اضعف الاصوات

(٢٠٦) القرن السمي وقرن التكلم والمستنصبة * القرن السمي انبوبة

تنشع من الاسفل كالجرس بضعا الثقبيلو السمع على آذانهم فتجمع اليها امواج الصوت وتزيد شدته فيسمعون (الشكل ١٢١) وقرين التكم هو بوق العسكر



المعروف بالنفير ويوصل الصوت الى بعيد لانه يتويز بسبب اهتزاز دقائق الهواء فيه او انعكاس امواج الصوت عن جدرانها وخروجها منه في خطوط موازية لمحوره * والمستفصية من اجود الآلات السمعية وفي اسطوانة من الخشب

الاناسي طولها نحو قدم وعرضها عند طرفها الواحد $1\frac{1}{4}$ قيراط ومثوبة من الطرف الواحد الى الآخر. فيضع الطبيب طرفاً منها على موضع

المرض من المريض والطرف الآخر على اذنه فيعرف

من الصوت الذي يسمعه بها وجود

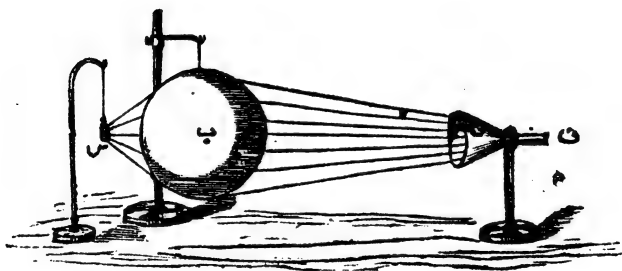
البور في

الصدر

الفصل الثاني

في انكسار الصوت وانعكاسه

(٢٠٧) انكسار الصوت * اذا نفذت موجة من امواج الصوت سطحين او أكثر كما اذا نفذت الماء ثم الهواء مائلة عليهما انحرفت عن طريقها الأول وسارت في طريق أخرى كأنها انكسرت عن استقامتها . وذلك ما يقال له انكسار الصوت . وعليه يمكن تكسير الصوت وجمعه في نقطة واحدة كما ترى خذ زجاجاً مستديراً من المغيط الرقيق ب في الشكل ١٢٢ واملاؤه غاز



الشكل ١٢٢

الحامض الكربونيك ثم علق تجاهه ساعة س وضع قبالة على الجانب الآخر قعاف وضع اذنك على طرف القمع عند ف فستسمع نكة الساعة هناك فقط .

وإذا رفعت اذنك او خفضتها انتقطع الصوت عنك وذلك لان صوت الساعة
انتقل في الهواء حتى اصاب الزق فلما نفذ ونفذ غاز الحامض الكربونيك
الذي فيه انكسر فانحرف عن طريقه واجتمع اخيراً في ف ودخل الاذن عند
ف كما ترى في المخطوط الخارجة من س قبل وقوعها على الزق وبعد
خروجها منه

(٢٠٨) انعكاس الصوت * قد تقدم ان الصوت ينتقل في
الهواء على شكل الكرات المجوفة (عد ١٩٦) فاذا لم يعرض لهذه
الكرات عارض لانزال تسع حتى تنحني. واما اذا عارضها حاجز
فانه يصدّها عن السير فترجع عن طريقها الاولى منعكسة عنه
وتسير في دوائر مركزها خلف ذلك الحاجز. كما ان كرة العاج ترجع
منعكسة اذا صدمت حائطاً. وذلك ما يقال له انعكاس الصوت
وهو يجري على ناموس انعكاس الحركة اعني ان زاوية الوقوع
تساوي زاوية الانعكاس. ويتضح ذلك مما يأتي من الامثلة

روى العلامة تندر ان اهل هليفولند اقاموا جرساً على تلٍ بعيد عن
مدينتهم فلم يستطيعوا سماع صوته فوضعوا خلفه مرآة^(١) انعكس صوته نحو المدينة
فصاروا يسمعونها واضحاً. ويجري مجرى هذه المرآة التنب والسفوف والجدران
المقعرة التي تبني في الكنائس والجوامع ونحوها لتعكس صوت المتكلم نحو السامعين
بدون ان يتبدد * وما يذكر هنا ما رواه العلامة بوحنّا مرشل عن كنيسة في

(١) ليس المراد من المرآة هنا الجسم المصنوع من الزجاج وإنما المراد بها جسم من
الغلاس او نحو منعرج حتى يعكس الصوت ويجتمع في بقعة واحدة تسمى في الاصطلاح
مخترقاً او بؤرة

سيسببها وهو ان قبتها كانت مبنية بحيث تعكس كل ما يقال في محل الاعتراف الى بقعة بعيدة عنه . وكان بناء ذلك عن غير قصد . فاتفق ذات يوم ان رجلاً اكتشف فجعل يتردد هو ورفقاؤه الى البقعة ويسمعون فيها اعترافات المعترفين فانت زوجته يوماً لتعرف وكان هو ورفقاؤه يسمعون كجاري عاديهم فسمع منها اموراً لم تخطر له على بال فانصرف وقد اصابه من الكمد والغيظ ما زاد عن انشراحه باكتشافه * وعلى هذا النمط بنى ديونيسيوس الظالم ملك سرقوسة سجنه المعروف بأذن ديونيسيوس لانه كان ينقل الى اذنه كل ما يتكلم به المسجونون فيه * ومثله غرف الوشوشة وهي غرف مصنوعة على شكل اهلبيجي حتى انه اذا وقف شخصان في محترفين منها ووشوش الواحد الآخر فهم كلامه والذين بينها لا يسمعون شيئاً منه . يوجد منها في باريس ونو بورك وشنطون * وعليه اذا كان سلطان . فمران ككهني في بستان او عقدين على جانبي سوق فقد يمكن للذين يقفون في بورتها ان يوشوشوا بعضهم بعضاً وغيروا بصرخ في ما بينهم . قبل ان قلع قارب قعرته الرمح مرة على شكل انه صار يجمع الصوت الى محترق سُمع به جرس عن بعد مئة ميل في البحر

(٢٠٩) ضعف الصوت بالانعكاس * اذا قرعنا جرساً في قابلة من الزجاج (الشكل ١٢١) سمعنا صوتاً ضعيفاً بالنسبة الى صوته في الهواء وذلك من انعكاسه عن جدران القابلة . ولهذا السبب يفرش الناس احياناً قشور الاشجار التي يدبغ بها في اراضي يوتهم فتضعف الاصوات فيها بانعكاسها من قشرة الى قشرة ولهذا السبب ايضاً لا يصل صوت الرعد الى بعد مناسب لشدة فان الهواء يكون حينئذ مختلف الكثافة فيعكس مراراً عديدة فضعف . ولهذا ايضاً لا تكون اصوات المدافع شديدة في المعارك فكثيراً ما ذكر ان الجبوش انكسرت

في المعارك من قلة المدد والمدة قريب منها ينتظر ان يسمع صوت مدافعها .
فان الهواء والدخان والغبار المنعقد في الجو تعكس الصوت دفعات عديدة
فيضعف . ولها ايضا يضعف الصوت بهاراً لان كثافة الهواء تنفاوت كثيراً من
حر الشمس وتصادد الابجرة ويرد الظلول وما اشبه فينعكس الصوت عن
الهواء مراراً كثيرة فيضعف خلافاً لما يكون ليلاً فان كثافة الهواء تكاد تنساوي
في كل اجزائه حينئذ فيقوى الصوت لقلة الانعكاس . ولذلك قال العلامة
قمبُلدت ان الليل يحمل الصوت الى ابعد مما بحملة اليوم النهار وهو امر مشهور

(٢١٠) الدوي * اذا كان السطح العاكس قريباً من الجسم
الصائت رجع الصوت عنه وانضم الى الصوت الاصلي فتقواه
ويسمى هذا الصوت الراجع عن قرب الدوي

ومن الامثلة عليه ان من يتكلم في البيت يكون صوته اشد وكلامه اوضح ما
لو تكلم خارجاً لان حيطان البيت تعكس صوته بعد وقوعه عليها وترفعه الى
صوته الداخل اذن السامع فتقويه . ومن يمشي في بيت فارغ او يتكلم في الحمام
يسمع لمشييه وكلامه صوت شديد من الدوي . ومن يضع أذنه على ثم يوق يسمع
دوماً لان البوق يجمع الاصوات المتفرقة في الهواء ويعكسها . ومن عدم الدوي
يضعف الصوت في البيوت المفروشة بالاثاث والمأهولة بالسكان

(٢١١) الصدى * اما الصدى فهو الصوت المنعكس المناز
عن الصوت الاصلي فيكون الفرق بينه وبين الدوي بعد السطح
العاكس فيه حتى يرجع الصوت مسموعاً ممتازاً عن اصله وقرب
السطح العاكس في الدوي حتى لا يميز الصوت الراجع عن الصوت
الاصلي . فلا يرجع الصدى والحالة هذه عن بعد اقل من ٥٦ قدماً

من الجسم الصائت . ولا يرجع الأصدى الصوت القصير السريع
عن بعد ٥٦ قدماً . وأما صدى الصوت الطويل كالالفاظ المشتملة
على مقاطع فلا يرجع عن سطح اقرب من ١١٢ قدماً وذلك لان
الانسان لا يقدر ان يلفظ ولا ان يسمع أكثر من خمسة مقاطع في
الثانية فلا يلفظ الأمقطعاً واحداً في ! الثانية . وقد تقدم ان سرعة
الصوت على حرارة الهواء المعتادة ١١٢٠ قدماً في الثانية (عد
٢٠٢) فسرعته في ! الثانية ٢٢٤ قدماً . ولذلك يقتضي ان يكون
بعد السطح العاكس عن الجسم الصائت لا اقل من ١١٢ قدماً
حتى يصل الصوت اليه ويرجع عنه في ! الثانية . فاذا لا يرجع
صدى المقطع عن بعد اقل من ١١٢ قدماً من الجسم الصائت .
ولذلك اذا وقف الانسان امام مرآة عاكسة على بعد ١١٢ قدماً
منها ولفظ هذه اللفظة قَرْنَلَةً المشتملة على خمسة مقاطع سمع صدى
المقطع الاخير منها فقط وهو التاء المنونة . واذا ابعد عنها حتى
صار على ٢٢٤ قدماً سمع صدى هذا المقطع والذي قبله وهما لَهْ
وهلم جراً بالابتعاد ١١٢ قدماً لكل مقطع حتى يسمع صدى
اللفظة بنهاها

ويتكرر الصدى في بعض الاماكن مراراً كثيرة من تعداد السطوح
العاكسة وتفاوت ابعادها . فاذا أطلق مدفع في وادي بين الجبال فقد يستمر
رجع صلاه مدة من الزمان . ويتكرر الصدى ايضاً بين سطحين متوازيين او

سطوح متوازية فقد ذكر ان صوت الطنبجة يرجع بين ٥٠ او ٦٠ مرة في بعض
الاماكن . ويقال ان في بلاد الانكليز مكانا يرجع فيه صدى سبعة عشر مقطعا
في النهار وعشرين مقطعا في الليل فاذا قال الرجل فيه ٥٥ كرر الصدى لفظة
هذه سبع عشرة مرة او عشرين فيكون بعد سطح العاكس نحو ٢٢٠٠ قدم عنه .
هذا واذا وقف الصائت بحيث ينع صوته عموديا على السطح العاكس رجع صده
اليه طبقا لناموس انعكاس الصوت فيسميه . ويمكن منه حساب بعد السطح
العاكس عنه . وذلك لان الصوت يقطع في ذهابه الى السطح العاكس ورجوعه
الى الصائت مضاعف بعد السطح العاكس عن الصائت . فاذا حسب الثواني
التي تمر من خروج صوته الى رجوعه اليه بالصدى وضربها في ١١٢٠ قدما
حصل معه مضاعف بعد السطح العاكس عنه فينصفه فهو بعده عنه . فلنا من
ذلك هذه القاعدة : استعلم الثواني التي تمر بين خروج الصوت
ورجوعه واضربها في ١١٢٠ واقسم الحاصل على ٢
فالحارج بعد السطح العاكس
عنك

الفصل الثالث

في الصوت الموسيقي

(٢١٢) الصوت الموسيقي * الصوت اما موسيقي وهو ما
 تنوالى فيه الاهتزازات بسرعة وانتظام كصوت المغني واما غير
 موسيقي وهو ما لا تنوالى الاهتزازات فيه بانتظام بل يعارض بعضها
 بعضاً كزيم الرعد وطققة الحجار والضوضاء والجلبة . فكل ما
 انتظمت اهتزازاته وبلغت سرعته حداً معيناً بصوت صوتاً موسيقياً
 بلا خلاف

فاذا اسرعت تكاثت الساعة مثلاً حتى صار عددها خمسين اوستين في
 الثانية صانت صوتاً موسيقياً واحدث وقوعها على الاذن شعوراً متصلاً في
 النفس . وكذلك اذا جرى دولاب على خمس وثلاثين حصة في الثانية يتصل
 صوت طقطقاته عند وقوعه على الاذن فتسمع النفس صوتاً موسيقياً مخجناً
 للدولاب . وقد شبه وقوع الصوت غير الموسيقي على الاذن بوقوع الضوء
 المرئى على العين لان عصب السمع يتألم منه فتعجز النفس كما تتألم العين من
 تعاقب الضوء والظلمة على عصب البصر

(٢١٣) صفات الصوت الموسيقي * للصوت الموسيقي ثلاث
 صفات وهي العلو او النغمة والشدة والكيفية . فالعلو يتوقف على

عدد الاهتزازات في الثانية فكلما زادت عدداً علت نغمة الصوت. ودليل ذلك انك اذا اخذت نحاسة ووضعتها على اسنان دولاب دائر صانت صوتاً تعلو نغمته بزيادة سرعة دوران الدولاب. والشدة متوقفة على سعة الاهتزازات كما مر (عد ٢٠٤) والكيفية هي اختلاف الصوت باختلاف الآلة المصنوعة فاذا ضرب لحن على الكمنجة اختلفت نغمته عما لو غني على الفلوت وان يكن علوها واحداً في الآتين

(٢١٤) استعمال عدد الامواج في صوت موسيقي * لما كانت الاهتزازات في الصوت الموسيقي سريعة جداً لم تستطع العين على رؤيتها ولذلك لا يمكن عدّها الا بالوسائط . وهذه الوسائط عديدة منها النور ومقياس الفرار وآلة نسي بالسيرين^(١) وهي ابسطها واسهلها فهما

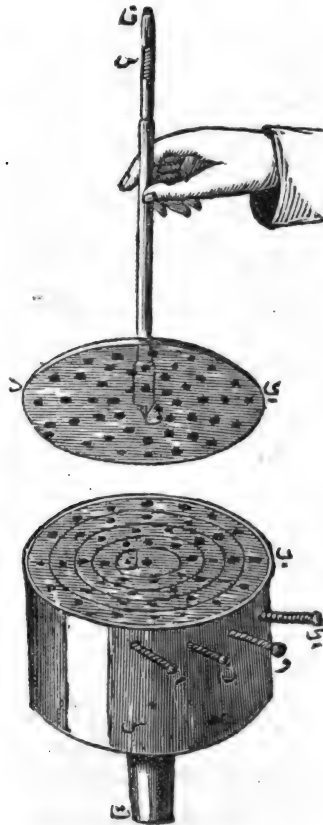
السيرين مؤلفة من صندوق اسطوانتي س (الشكل ١٢٣) له في قعره اثبوتات يدخل الهواء منها اليوله على وجهه غطاء ب مثقوب ثقباً

(١) السيرين في خرافات اليونان اسم عطارى زعموا انهن مسجن فحن من رؤوسهن الى احقابهن في شبه الآدميين ومن احقابهن فنزلن في شبه الطيور وانهن كن يقطن بجزيرة كبريا في البحر المتوسط وبغين غشاء مطرباً جداً حتى كان المسافرين الذين اسمعون غناء هن يسمون اوطانهم وخالدهم مزة الطرب فيموتون ما بطربون . وقبل انهن كن بغين ولا يظهن للبشر فيضلين المسافرين فلا يجدونهن فهاقون انفسهم في البحر ويموتون . هذا ولا يخفى ان عد الاهتزازات هو عد الامواج ايضاً

عديدة في أربعة صفوف . ففي الصف الداخلي منها ٨ ثيوب وفي الذي حوله ١٠ ثيوب والذي حول هذا ١٢ ثيباً والآخر ١٦ ثيباً . ومن وي الح . سدادات يسد بكل منها صف من الثيوب ودي قرصي كالغطاء وبني ثيوب تطابق ثيوبه وق ق فضيب ينزل طرفه ق في التجويف ك من الصندوق ويدور فيه كما ينزل "الصوص في النقطة" ويدور فيها . وس الحرف الاعلى لولب يدور احد دولايوت حائد عن الثاني فلهالة منه سن واصبع طويل مثبت فيه بحيث يصل الى اسنان الثاني وكلما دار دورة يدفع او يحرك سناً من الثاني وكلما دار اللولب دورة يدور الاول سناً فقط وهما يدوران عكسين على مئينين عليهما فروض كما ترى في الشكل ١٢٤ فيكون الفرض على منها الدولاب الثاني كناية عن منه دورة من الغطاء دي الشكل ١٢٢ .

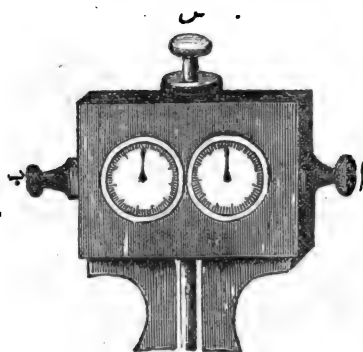
وكيفية العمل بها ان يُنزل الطرف ق من الفضيب في التجويف ك ويركب القرص دي على الغطاء بحيث يقع نصف كل ثيب من ثيوبه على ثيب من الغطاء والنصف الآخر خارجهُ ويدخل مجرى من الهواء من الانبوبة ت الى الصندوق س فيطلب الخروج من ثيوب الغطاء التي جهاتها تعارض جهات ثيوب الصندوق فيصدم القرص الذي تغطي ثيوبه اقساماً من ثيوب الغطاء كما تقدم ويدبرهُ . ففي دورانه تنطبق ثيوبه على ثيوب الغطاء تارة وتخالها طوراً . ولذلك يكون افلات الهواء منها مبات مبات . فدام دوران القرص بطيئاً ثوالى هذه المبات نوالياً بطيئاً فتعد واما متى اسرع فتوالى سريعاً حتى يتصل بعضها ببعض وتصدر صوتاً واحداً موسيقياً يزيد علواً كلما زادت سرعة الدوران وربما اتصل الى حد نأى الاذن سمعة لعظم ارتفاعه . ويخفص كلما قلت حتى يرجع الى صوت المبات في علينا ان نعد المبات المتصلة التي حدث الصوت منها فنعرف عدد

الامتزازات لان الهبات في نفس الامتزازات . ويتم ذلك بواسطة المفريين
في الشكل ١٢٥ : سدّ صنوف الثوب بالسدادات الأصنافاً واحداً وليكن
صف العشرة فرضاً . ثم أدخل مجرى الهواء حتى يدير القرص ويصوت



الشكل ١٢٣

صوتاً على علو معين فالامر واضح ما مرّ ان عقرب الدولاب الثاني الذي
تدفعه اصبع الأول يدل على عدة النروض من الصفر اليه على ميناء وملا العدد
يُضرب في مئة فالجاصل يدل على دورات الغطاء وما تحت المئة من الدورات



الشكل ١٢٤

يُعرف بعنبر الدولاب الأول على
ميناء متى كان عنبر الدولاب
الثاني بين فرضين . فاذا كان ذلك
العلو موافقاً ج' في السلم الموسيقي
(انظر عد ٢٢١) دار الغطاء ١٥٢٦
دورة في الدقيقة فيكون عدد المرات
التي هبت من الثقب العشرة في هذه

الدقيقة ١٥٢٦٠ مرة . انقسمها على ٦٠ فيخرج ٢٥٦ مرة في الثانية . اذا عدد
الاهتزازات في صوت على علو ج' ٢٥٦ اهتزازة في الثانية . واذا سُدَّ صف
العشرة الاثنان وفتح صف الاثني عشر او الستة عشر ثقباً يزيد عدد الاهتزازات
في الثانية فيكون الصوت أعلى . واذا فتح صف الثانية وسُدَّت البواقي بنقص
عدد الاهتزازات في الثانية فيخفّض الصوت . واذا فتحت كلها معاً نصوت جميع
اصوات الديوان (عد ٢٢١) وذلك دليل على ان عدد اهتزازات النغمة في
ديوان هو مضاعف اهتزازات تلك النغمة في الديوان الذي دونه

(٢١٥) استعمال طول الموجة في صوت موسيقي * اذا
فرضنا ان حرارة الهواء كانت في الصوت المذكور آنفاً (عد ٢١٤)
على درجة بها تسير الموجة الاولى مسافة ١١٢٠ قدماً في الثانية
يكون عدد الامواج في تلك المسافة ٢٥٦ موجة . فاقسم ١١٢٠
قدماً عليها فيكون طول الموجة ٤ اقدام واربعة قراريط . فيستعمل
طول امواج الصوت بقسمة سرعة الصوت على عدد اهتزازاته في

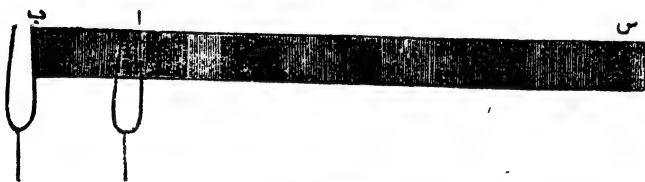
الثانية

ولما كان علو نغمة الصوت متوقفا على عدد امتزاجاته (عد ٢١٢) وبالتالي على سرعتها كانت الاصوات السافلة في التي امواجها طويلة والعالية هي التي امواجها قصيرة ويتضح ذلك من طعنة اجراس بقال القافلة فانها اذا كانت قادمة تقصر امواج اجراسها لقرعها فيعلو صوتهما واذا كانت ذاهبة تطول امواج اجراسها لبعدهما فيسفل صوتهما . وهو اوضح في صفيح الارنال فان امواج صفيحها تقصر وهي قادمة لعظم سرعتها فيعلو الصفيح وتطول وهي ذاهبة فيهبط الصفيح وربما عرف قدم الرتل وذهابه من علو الصفيح وهبوطه

(٢١٦) استعمال عدد الامواج وطولها في كل صوت موسيقي*
اذا تطابقت نغمتان كان عدد امواجها واحدا سواء كان الصائت انسانا او عودا او قيثارا او طبلا او غيره . ولذلك اذا غنى الانسان لحنا ولعبة آخر على البيانو فاوتار حجرة الانسان تهتز كحيوط الفولاذ في البيانو وتكون امواجها واحدة في الطول . فاذا اردنا ان نعرف عدد الامواج وطولها في صوت آلة ادرنا القرص في السيرين حتى يطابق صوتها ذلك الصوت واستغلنا عدد هباتها وطولها فذلك عدد امواج وطولها

كلا استعمالا ان البعوضة تصفق جناحيها وهي طائرة خمسة عشر الف صفقة في الثانية . وان طول الامواج في صوت المتكلم من ثمانتي اقدم الى اثنتي عشرة قدما وطول الامواج في صوت المتكلمة من قدمين الى اربع في الثانية

(٢١٧) تراكب امواج الصوت * (انظر الموج وعد ١٥٤) لما كانت الاصوات تخرج من كل بقعة من الارض كانت امواج الهواء تخرج من اماكن شتى في جهات شتى ومتى التقت فاما ان تتوافق او تختلف وهذا ما يقال له تراكب امواج الصوت. فتتوافق متى التقي الكثيف من موجة بالكثيف من أخرى واللطيف باللطيف وحيث يزداد الصوت الحادث منها شدة لانه يعدل مجتمع موجتين. وتختلف متى التقي الكثيف من موجة باللطيف من اخرى فاذا كانتا متساويتين في القوة محقت الموجة الواحدة الموجة الاخرى فبطل الصوت. وعلى ذلك قد ينتج عدم الصوت من اجتماع صوتين وهو يوافق قولهم "قد ينتج سكون من حركتين وظلمة من نورين وبرد من حاريتين"



الشكل ١٢٦

- ولزيادة ابضاج ذلك لنضع مقياسين من مقياس التردد ا و ب في الشكل ١٢٦ بحيث يكون البعد بينها طول موجة ونجعلها بهتزا امتزازاً واحداً حتى تتوافق امواجهما كما ترى في الاجزاء المالكة السواد والاجزاء الخفيفة السواد فيشتد الصوت . وكذلك يشتد اذا جعلنا البعد بينها طول موجتين او ثلاث

فأفوق. وأما إذا وضعنا الواحد على بعد نصف موجة من الآخر وكان امتنازهما
واحدًا فالكتيف من امواج ا بوافق اللطيف من امواج ب وبالعكس فيبطل
الصوت. ويعرف ملا التخالف بمعارضة امواج الصوت لان الامواج تعارض
بعضها بعضًا. ونظهر هذه المعارضة في مقياس التردد نفسه فانه اذا رُنت
شعبته وأدبر تدريجًا تجاه الاذن لم نسمع له صوتًا في اربع نقط
من الدائرة التي يمار فيها لان امواج الشعبة الواحدة
تعارض امواج الاخرى فيبطل
صوتها في تلك
النقط

٢

الفصل الرابع

في اهتزاز الاوتار وآلاتها

(٢١٨) الآلات الموسيقية اما ان يحدث الصوت منها بالنقر على اوتارها وتسمى ذوات الاوتار. واما ان يحدث منها بالنفخ على صفايح رقيقة فيها وتسمى آلات النفخ. فالاولى مثل الفانون والعود والطنبور والثانية مثل الارغن والصور والمسحورة. اما ذوات الاوتار فيكون جل الكلام فيها على اهتزاز الاوتار واما آلات النفخ فسيأتي الكلام عليها

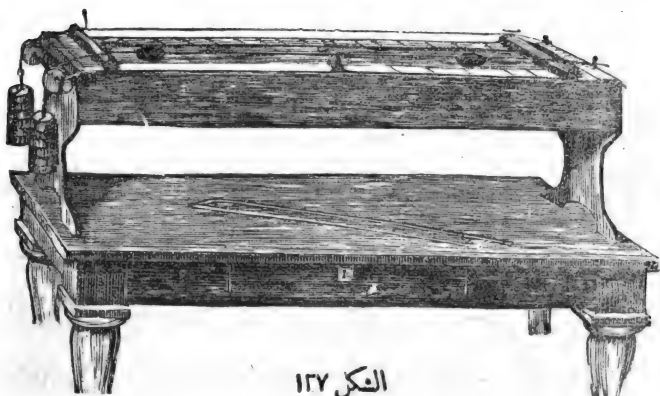
(٢١٩) اهتزاز الاوتار * ليكن ا ب في الشكل ١٢٦ وترًا



الشكل ١٢٦

مشدودًا من طرفيه بحيث يهتز. فاذا انتقل في اهتزازه من ي الى د ثم من د الى ي قيل انه اهتز اهتزازة كاملة (عد ٥٦) واذا انتقل من ي الى د فقط قيل انه اهتز نصف اهتزازة. وتوقف شدة صوته على سعة هذا النصف اي على بعد ي من د كما تقدم (عد

(٢٠٤) وهذه الشدة قليلة جداً لان الهواء الذي يحرك الوتر باهتزاز قليل. ويُعرف عدد اهتزازاته بالآلة نسي الصونومتر اي مقياس الصوت فيعرف من ذلك علو صوته



النكر ١٢٧

(٢٢٠) الصونومتر * معناه مقياس الصوت وهو آلة مؤلفة من صندوق رقيق من الخشب وجشين ثابتين عليه بشد عليها وتران اب وس د (الشكل ١٢٧) ويعلق بالطرفين السائبين من اطراف الوترين ثقلان ف ويوضع تحت الوترين جش متحرك د لتطويلها او تقصيرها حسب المطلوب . فاذا سُحبت القوس على الوترين يهتز ان فيوصل الصندوق اهتزازها الى الهواء الذي داخله . وبهذا الاعتبار يكون الصندوق هو الصائت وتُعرف به نواميس اهتزاز الاوتار

(٢٢١) نواميس اهتزاز الاوتار * هي ثلاثة : اولها . ان عدد

الاهتزازات في الثانية يزيد بقدر ما ينقص طول الوتر

اي انه اذا امتز الوتر اب (الشكل ١٢٨) ١٦ اهتزازة في الثانية ثم وُضع الجمش د على نصفه ليصير طوله نصف ما كان بهتزاز ٢٢ اهتزازة. ودليل ذلك اننا اذا نفرنا الوترين اب وس د صاتا صوتا واحدا ثم اذا وضعنا الجمش د تحت منتصف احدهما صار صوته جوابا لصوت الثاني اي ان عدد اهتزازاتو يتضاعف. وعلى ذلك يعزف اللاعب بالكمنجة والقيثار انغاما مختلفة العلو بنقل اصابعه على الاوتار فيقصر طولها ويتغير اصواتها. ويوضع في العود والبيانو اوتار متفاوتة طولاً فتصوت الطويلة منها اصواتا سافلة والقصيرة عالية ولا يحتاج من يلعب عليها ان يطولها ويقصرها بيده.

ثانيها. ان عدد الاهتزازات في الثانية يزيد بقدر الجذر الممالي من الشد

اي اننا اذا شددنا وترًا اربعة اضعاف شدة الاول تضاعف عدد اهتزازاتو او شددناه ٩ اضعاف زادت اهتزازاته ثلاثة امثال ما كانت لان الجذر الممالي من ٤ اثنان ومن ٩ ثلاثة وقس عليه. ودليل ذلك اننا اذا ضربنا الوترين اب وس د وكان الثقلان ف متساويين صاتا صوتا واحدا واما اذا جعلنا الثقل الواحد اربعة امثال الآخر حتى يكون شدة لوتره اربعة امثال شدة الآخر لوتره فيصير صوت الوتر المشدود بالثقل الكبير جوابا لصوت الآخر اعني ان عدد اهتزازاتو يتضاعف. ولما يجعل لذوات الاوتار منافع يزداد بها شدة او يقلل حسب الاختيار

ثالثها. ان عدد الاهتزازات في الثانية ينقص بقدر ما يزيد الجذر الممالي من ثقل الوتر

اي ان الوترين اب وس د اذا كانا من مادة واحدة وشدة واحدة

ولكن كان ثقل الواحد اربعة امثال ثقل الآخر فلا يبلغ عدد اهتزازاته الا نصف عدد اهتزازات الآخر ويكون صوته اثنى من صوته . ولذلك تحدث الاصوات السافلة على الكنتجة من اهتزاز الاوتار الغليظة والعالية من اهتزاز الدقيقة

(٢٢٢) ذوات الاوتار * منها البيانو . وهو آلة ثابتة الاصوات اي ان لها اصواتاً معينة تصوتها اوتار نحاسية خاصة بها وهذه الاوتار تميز بمطرفة تحركها عدة اغمال مخفية متصلة بنتائج البيانو . ويزداد صوت البيانو قوة بتوحيج الهواء على اللوح المشدود عليه الاوتار . والسبب في ان الصوت يخرج منه عند قرع الانامل للمناجيو وينقطع عند رفعها عنها هو ان فيه منات تضغط اوتارها فاذا قرع منهاح من مناجيو ارتفعت الهمة الضاغطة عن الوتر فيمتر وبصوت . وعند رفع الاصع عن المناجج تسقط الهمة على الوتر وتبطل اهتزاره فمسكت ولذلك يفل لهذه المنات المسكتات . ويمكن ان ترفع مسكتاته كلها دفعة واحدة عن الاوتار بضغط الرجل للمناجج في اسفلها فتسمع اهتزازاته كلها مدة من الزمان

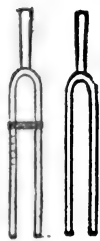
والعود . وهو مثلث الشكل . واوتارها تطابق النغمات الطبيعية في السلم الموسيقي التي سيجي ذكرها ويمكن تقصيرها وتطويلها لرفع الصوت وخفضه ولذلك بحسب متوسطا بين الثابتة الاصوات والمغيرتها وله صندوق تحت اوتارها لتقوية صوته

والكنتجة . وهي ذات اربعة اوتار ومن الآلات المتغيرة الاصوات اي التي يمكن تطويل اوتارها وقصيرها للحصول على اصوات متفاوتة في العلو والانخفاض ويضرب عليها بقضيب يسمى القوس

والقيثار . وهو يختلف عن الكنتجة بكونه اكبر منها حجماً وله ستة اوتار يضرب عليها بالاصابع ويجري على حكم الكنتجة ولكل منها صندوق تنتقل

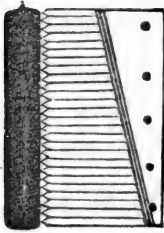
امتزازات الاوتار الى سطوح العلوي على انجحش ومن السطح العلوي الى السفلي على الجوانب وعلى عود يصل بينها فيهنز الهواء في الصندوق ويقوي صوت الاوتار . هذا والصرب على الكنجة بانواعها عسرا ثمانية جدا ولكنه يسير العفول اذا كان بايادي البارعين

(٢٢٢) الفضبان المعدنية * ان النواميس الثلاثة التي تجري عليها ذوات الاوتار تجري عليها الفضبان المعدنية ايضا . غير ان ناموس الشد لا يعتبر فيها ما لم يختلف مادة معادنها . واما اذا كانت كلها من معدن واحد فرونتها واجدة ولذلك لا يختلف صوتها الا باختلاف طولها ونخنها



منها مقياس القرار المار ذكره وهو آلة من الفولاذ ذات شعبتين (الشكل ١٢٨) يجعل طولها بحسب ما يلزم لصوت صوتا معينا اذا ضربت على شيء صلب او شد طرفا شعبتيها بالاصابع حتى يقتربا ثم اعلتا وقربت من الاذن . وانما سميت مقياس القرار لان الموسيقي يجد بها صوت القرار المعين فينتقل منه الى بقية اصوات السلم . وقد يجعل لمقياس القرار رابط معدني يربط الشكل ١٢٨ شعبتيه الواحدة بالاخري ويحرك عليها قصيرتين او طويلتين فيحصل منها قرارات مختلفة بحسب الطول والقصر

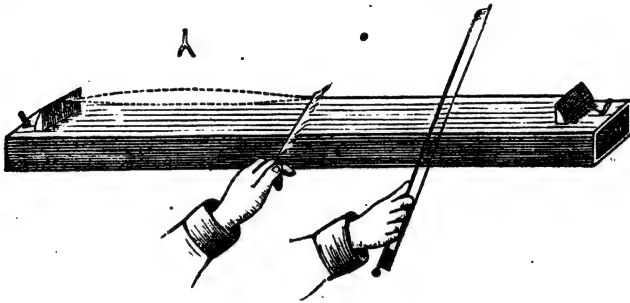
ومنها الآلة التي تغني من نفسها وهي كما في الشكل ١٢٩ صفيحة من الفولاذ او معدن آخر ذات اسنان مصفوفة كاسنان المشط ولكنها متفاوتة طولاً فكل من اقصر من التي تليها من اعلى الشكل فنارلاً . والغرض من اختلاف طولها هو اختلاف برج القرار في كل منها عما هو في الاخرى فيملو صوت السن



الشكل ١٢٩

النصيرة ويخفف صوت الطويلة (عد ٢٢١) ليحصل
النطرب بذلك . ثم ان الاسنان لا تحدث صوتاً ما
لم تُنزع بشيء فالنارح هنا اسطوانة من النحاس او ب
غيرها يدبرها زُنبرك ودو اليه كما تدار الساعة وتُرنب
على سطحها تتوات لفرع الاسنان موافقة لنغات اللحن
الذي نظرية

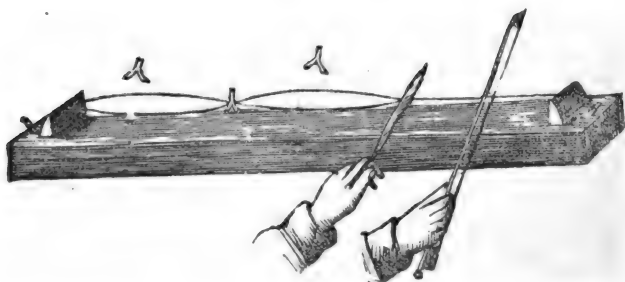
(٢٢٤) عقد الانقراز * اذا وضعنا ريشة على منتصف وتر
(الشكل ١٣٠) ولم نضع حشواً تحته ثم جَرَرْنَا القوس على نصف



الشكل ٢٠

من نصفه يهتز كله ولكننا نسمع له صوتين الواحد جواب وهو صوت
النصف الذي لم نجرّ القوس عليه والآخر فرار وهو صوت
النصفين معاً اي الوتر كله . وهذا دليل على ان النصف الذي لم
تجرّ القوس عليه يهتز مستقلاً بنفسه . ثم اذا رفعنا الريشة
وجررنا القوس بقي هذا النصف يهتز لذاته مستقلاً عن النصف
الآخر . والدليل على انه يهتز ولولم نجرّ القوس عليه هو اننا اذا

وضعنا راكبًا من الورق على منتصفه وجبرنا القوس على النصف الآخر فالراكب يثبت ويقع على الوتر كما ترى في الشكل ١٢٠. وإذا نقلنا الريشة ووضعناها على نقطة ثلثي الوتر وجبرنا القوس على الثلث الآخر فالثلثان ينقسمان قسمين كلٌّ بهتزاز وحدة (الشكل ١٢١) وكذلك بعد رفع الريشة. فهذه النقط التي لا تهتز بل يفصل بها الوتر اقسامًا بهتزاز كلٍّ منها بنفسه مستفلاً عن الآخر هي عقد الاهتزاز وتعرف الاقسام بالقطع

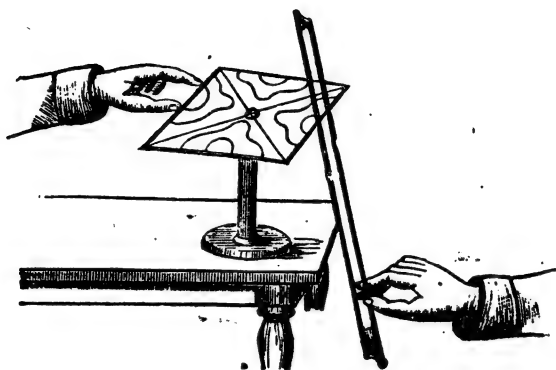


الشكل ١٢١

وعلى ملا المنوال يمكنك تقسيم الوتر بعقد الاهتزاز الى القطع التي تريد ما وتعرف العقد من القطع بوضع الركاب على الوتر فالراكب الذي لا يقع يكون على عقدة من عقد الاهتزاز وإما الذي يهتز ويقع فيكون على قطعة من القطع كما ترى في الشكل ١٢٢

(٢٢٥) اشكال كلادني * رش قليلاً من الرمل الناعم على لوح من الزجاج او صفيحة من المعدن. وضع ظفرك على حرفه لتبطل الاهتزاز مكان وضعه كما تبطل الريشة بوضعها على الوتر

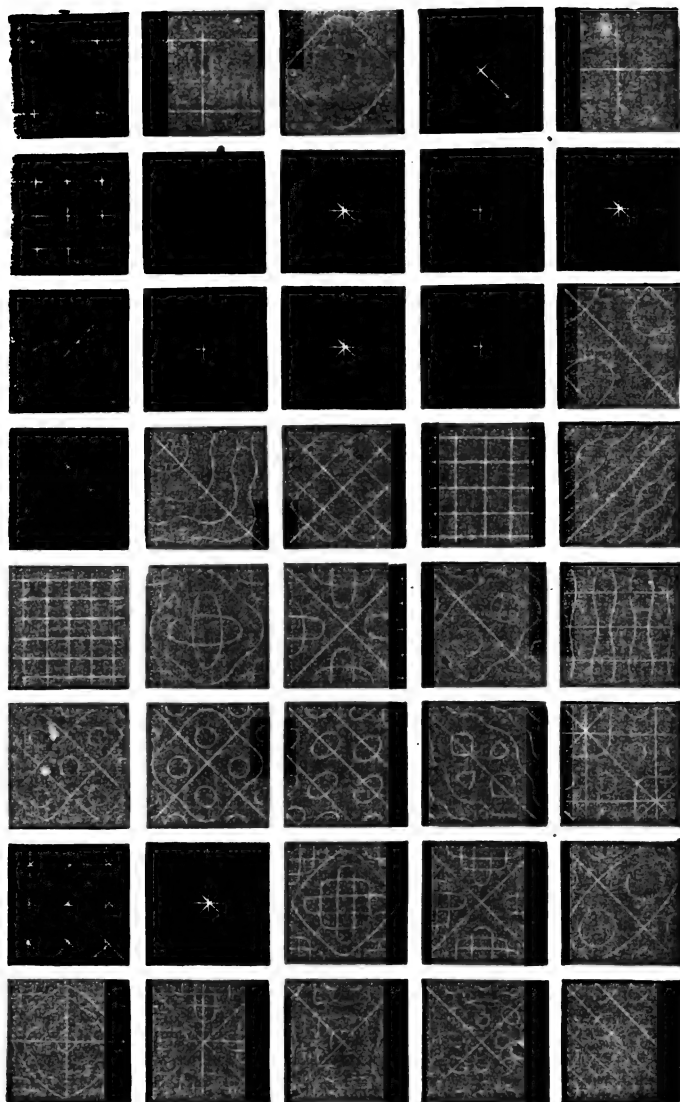
وحرّ القوس على الحرف المقابل كما في الشكل ١٢٢ فينتثر الرمل انتشاراً على وجه اللوح ويتطايّر بسبب اهتزاز دقائق اللوح تحته حتى يجمع في خطوط منتظمة انتظاماً حسناً كما ترى في الشكل.



الشكل ١٢٢

وإنما يجمع في هذه الخطوط لأنها لا تهتز اذ هي مؤلفة من عقد الاهتزاز المار ذكرها . ولذلك تسمى الخطوط العقدية . وهذه الخطوط تزيد عدداً بزيادة اهتزاز الصفحة اي بارتفاع النغمة الحاصلة من جرّ القوس عليها . وتختلف شكلاً باختلاف وضع الابهام والسبابة عليها فتختلف بذلك الاشكال الحاصلة من تجميع الرمل عليها . وهاك بعض الصور التي وجدها كلادني مكتشف هذه الاشكال (الشكل ١٢٣)

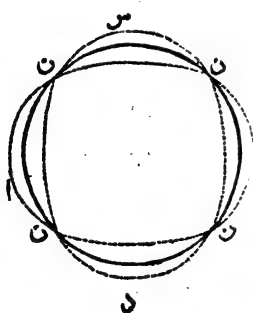
اشكال كلادي



الشكل ١٢٢

(٢٢٦) الاصوات الملايسة * فلنا ان الصوت يختلف في الكيفية باختلاف الآلات الصائنة ولو كانت النغمة واحدة . وسببه ان صوت الآلة يكون في النادر مجرّداً والغالب انه يختلط باصوات أضعف منه فتغير نغمته في الكيفية وهذه الاصوات الضعيفة هي الاصوات الملايسة اي المخالطة للصوت الاصلي

اذا شددنا وترًا بطرفيه حتى يهتز على طولو ينقسم من نفسه الى قطع يهتز مستقلاً بعضها عن بعض فيحصل من ذلك صوت الوتر الاصلي ونحصل الاصوات الملايسة له ايضاً من امتزاز القطع فتغيره في الكيفية . وتختلف الاصوات الملايسة باختلاف الآلات ولذلك تختلف النغمة الواحدة باختلاف الآلات حتى ان من يسمع لحناً واحداً يعزف بالكمنجة والفلوت والبيانو يعلم ان الآلة الواحدة هي غير الأخرى ولولم يرهما . وذلك لسبب تغير الصوت فيها بالاصوات الملايسة



الشكل ١٢٤

(٢٢٧) عقد الامتزاز في الجرس * لنكن الدائرة المثبتة في الشكل ١٢٤ محوط الجرس وهي ساكنة ثم لنفرض ان المدقة قرعته عند ا و ب اود ا و س فيهتز المحيط حتى يفعل من الشكل الدائري الى الشكل الاهليجي المنقط اب ثم الى الاهليجي الآخر المنقط س د . ومثي رر رتة الاصلية يهتز مقسوماً الى اربع قطع بين النقط ن ن ن ن التي هي عقد الامتزاز ومنها نبداً

المخطوط العفدية ونصعد الى القمة حتى تنتهي عند بدء . وهو مستعد للانقسام الى اكثر من القطع الاربع ولا سيما اذا كان رقيقاً جداً فيحدث من امتزاز تلك

القطع اصوات ملاسة تعقب صوته الاصلي ونسمع واضحة على الغالب ولو كان
الجرس بمبدأ

(٢٢٨) اهتزاز المشاركة * اذا وقفت بجانب البيانو وصت
صوتاً موسيقياً وجدت ان شريطة من شرائط البيانو تهتز موافقة
لصوتك واذا غيرت نغمة الصوت نسكن الشريطة الاولى وتهتز
شريطة اخرى موافقة للنغمة الثانية . واذا وضع مئة مقياس من
مقياس الفرار ورننت تجاه انبوبة من انايب الارغن بانغام متباينة
تشارك الانبوبة المقياس الموافق لها من بينها كلها ولذلك اذا
وضعت ساعتان على رف واحد اثرت الواحدة في الاخرى . وهذا
هو السبب في كون الساعات تضبط عند الساعات
احسن ما تضبط عند اصحابها . لانها لكثرتها
يؤثر اهتزاز الواحدة منها
بالاخرى فتتهتز معاً
بالمشاركة

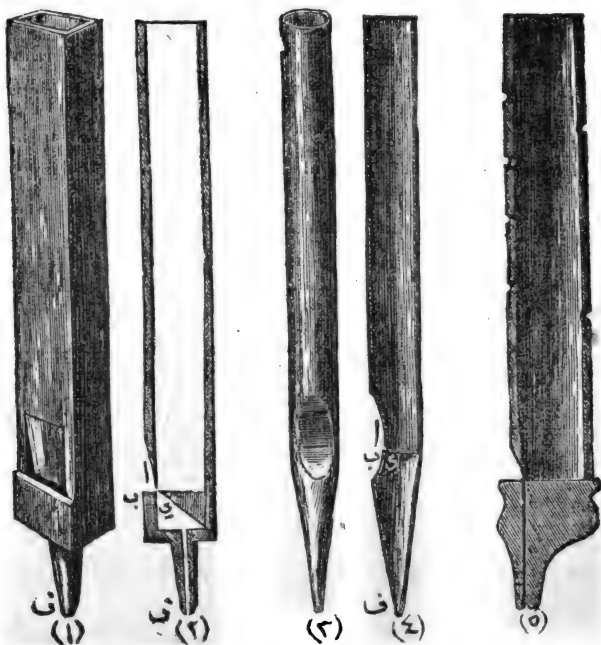
الفصل الخامس

في آلات النفخ والسلم الموسيقي

(٢٢٩) حدوث الصوت في آلات النفخ* آلات النفخ كالزمار والعلوت ونحوها ويحدث الصوت الموسيقي فيها باهتزاز عمود الهواء الذي داخلها وتوجه فيكون الهواء هو الجسم الصائت فيها بخلاف ذوات الاوتار التي لا يكون الهواء فيها الا موصلاً للصوت كما رأيت. فتنفخ عليه من ثقب فيها ما اجت امواج الصوت الى الامام والخلف داخل آلة النفخ وهزت الهواء حولها كما يهزه الوتر المضروب في ذوات الاوتار. فتكون منزلة عمود الهواء في آلات النفخ منزلة الوتر في ذوات الاوتار ومنزلة النفخ عليه منزلة الضرب على الوتر. ثم لا يخفى ان الصوت لا يحدث ما لم يتموج الهواء متكاثفاً فتلطفاً فاذا تنفخنا على عمود من الهواء في انبوبة نحرك حركة متصلة ولم يصت ولذلك لا بد له من واسطة تقطع النفس بحيث يحدث التكاثر والتلطف المطلوبان. فانقسمت آلات النفخ بهذا الاعتبار الى قسمين ذوات اللسان كالفرنيطه والزمار من شباة صافورة وقصلة مشقوقة (الزمرور) ونحوها مما يهتز الهواء فيه

بصفحة رقيقة تُعرف باللسان وهذا القسم معزوف . وذوات النـم
وسياتي الكلام عليها

(٢٣٠) ذوات النـم * هذه ينضغ تصليها من الشكل ١٢٥ . ترى في (١)
صورة انبوبة من انابيب الارغن يدخل اليها الهواء من ف خارجا ن متناخ
اسفلها لم يُرسم هنا وفي (٢) صورة مقطوع هذه الانبوبة طولاً ل يظهر داخلها . في
أكره الهواء على دخولها من ف يطلب الخروج من الشق ي ويسى النـم
فيضرب الصفحة الرقيقة ا وتسمى الشفة العليا وينضغط و يضغط باقي الهواء



الشكل ١٢٥

فيوقت لحظة حتى يكون بعض الهواء قد خرج من ا ب فينثني يصعد الهواء
من ي ويجري كما كان . وبذلك تحدث الاهتزازات ويهتز عمود الهواء الذي

في الانبوبة فيصوت صوتاً موسيقياً . وفي (٢) صورة شكل آخر من انابيب الارغن و(٤) منطوعة طولاً و(د) منقطع نوع من المنجارة مبدأ ما مبدأ انبوبة الارغن كما ترى * ومنها ما يكون الغم فيه ثقباً على جانبيه كما في الفلوت الجرماني فيحدث النافع الصوت فيه يميل فيه واسطة لتكثيف الهواء فيه وتلطيفه

(٢٢١) السلم الموسيقي * اننا لذي سمعنا الاصوات لانقدر على تمييز عاليها من سافلها فقط بل نقدر ايضاً على ادراك النسبة التي بين عدد اهتزازاتها . ليس اننا نعرف عدد الاهتزازات في الاصوات من مجرد سمعنا لها حتى نقول مثلاً ان عدد اهتزازات هذا الصوت مضاعف عدد اهتزازات ذاك او ما اشبه . بل ان كل الاصوات التي توجد نسبة بين عدد اهتزازاتها تؤثر فينا اللذة والاستحسان اذا توالى على سمعنا حتى نحكم بالطبع انها مطابقة لمقتضى الذوق السليم . فهذه الاصوات يتألف السلم الموسيقي من تواليها . ونقسم بالنظر الى علوها الى مراتب او دواوين ويقسم الديوان الى سبعة اقسام تسمى ابراجاً وتسمى عند الموسيقيين بالالفاظ دورى مي فاسول لاسي او بالاحرف ج د هـ و ز ا ب في السلم الطبيعي . وكل ديوان قراراً لما فوقه وجواب لما تحته

ويُدَلّ على احرف القرار برقم الواحد عن يسارها هكذا 'د' الح . وعلى احرف الجواب برقم الاثنين عن يسارها هكذا 'د' الح . وكلما علا الديوان زادت قيمة الرقم المكتوب عن يسار احرفه فبرج ج من الديوان الخامس

فوق الفرار يكتب هكذا ج' ولم جراً . ويُدل على احرف ما تحت الفرار بالارقام نفسها وقدامها علامة السلب فالرقم في ج - ٢ يدل على ان البرج ج في الديوان الثاني تحت ديوان الفرار الاصلي

(٢٢٢) عدد اهتزازات الابراج * اذا اهتز وتر على طوله فصوته هو الفرار لما يقابله في السلم الاعلى وذاك جواب له فاذا فرضنا طوله واحداً فطول بقية الابراج كما يأتي

ج	د	هـ	و	ز	ا	ب	ج
١	$\frac{٨}{٩}$	$\frac{٤}{٥}$	$\frac{٢}{٤}$	$\frac{٢}{٣}$	$\frac{٢}{٥}$	$\frac{٨}{١٥}$	$\frac{١}{٢}$

فيكون طول ج' الجواب نصف طول ج' الفرار وطول ما فوقها بالنسبة اليها كطول ما تخمها بالنسبة الى ج' الفرار. ولما كان عدد الاهتزازات يتغير بالقلب كطول الوتر (عد ٢٢١) فاذا قلبنا الكسور المتقدمة كان لنا عدد اهتزازات كل وتر بالنسبة الى الوتر الاول لانه اذا فرضنا عدد الاهتزازات في البرج ج' واحداً نعرف عدد الاهتزازات في البرج د' كم هي بالنسبة الى ج' بهذه النسبة المقلوبة وهي

١ : ٨ :: عدد اهتزازات د' : ١ اي عدد اهتزازات د' = ٨ +
 $\frac{١}{٨} = \frac{٨}{١}$ وهكذا في سائر الابراج . فتكون نسبة اهتزازات ج' وما يليها الى ج' كم هذه الاعداد منسوقة على نفسها وهي ١ $\frac{١٥}{٨}$ $\frac{٥}{٢}$ $\frac{٤}{٣}$ $\frac{٣}{٢}$ $\frac{٥}{٤}$ $\frac{٨}{١٥}$ ونحويل هذه الكسور الى
 اذ بحسب عدد اهتزازات ج' واحداً . ونحويل هذه الكسور الى

صَوَّرَ جديدة ومخرج مشترك نجد الاهتزازات عدداً صحيحاً وهي
 ٢٤ ٢٧ ٣٠ ٣٢ ٣٦ ٤٠ ٤٥ ٤٨ فيكون الفرق بين
 الأول والثاني والثاني والثالث والسابع والثامن ٢ وبين الثالث
 والرابع ٢ وبين الخامس والسادس ٤ وبين السادس والسابع ٥.
 هذا عدد اهتزازات الابراج بنسبة بعضها الى بعض واما عدد
 اهتزازات كل منها وخذ فليبرج الفراج ١٢٨ اهتزازة كما
 يُعرف من السيرين عدد ٢١٤ فيكون عدد اهتزازات كل برج

ج	د	هـ	و	ز	ا	ب	ج
١٢٨	١٤٤	١٦٠	١٧٠	١٩٢	٢١٤	٢٤٠	٢٥٦

والمُجرّأ بضرب عدد اهتزازات كل برج في ٢ للحصول على
 عدد اهتزازات البرج الموافق له في الديوان الثاني او في ٢
 للحصول على ابراج الديوان الثالث فوق ديوان القرار الاصلي
 الخ . وبالنسبة على هذه الارقام ليخرج لنا عدد الاهتزازات
 لابراج الدواوين التي تحت ديوان القرار الاصلي

اسماء الابراج لديوانين هند العرب في بكة هيران هراق دست دوكة مبيكة
 جهاركة نوى حسبي اوج مامور محير برك ماموران رمل نوى . فالنوى جواب البكة
 والرمل نوى جواب النوى والحسبي جواب المشيران والمُجرّأ . وليست النسبة بهما
 نفس النسبة من ابراج السلم الامريجي المذكور سابقاً والمخرج ان السلم الانريجي هو الاسهل
 مراساً لكونه يجري على الاصوات الطيعة ويمكن ان تنضبط عليه جميع اعالي الشعوب .
 انتهى باختصار من المروس البديهة

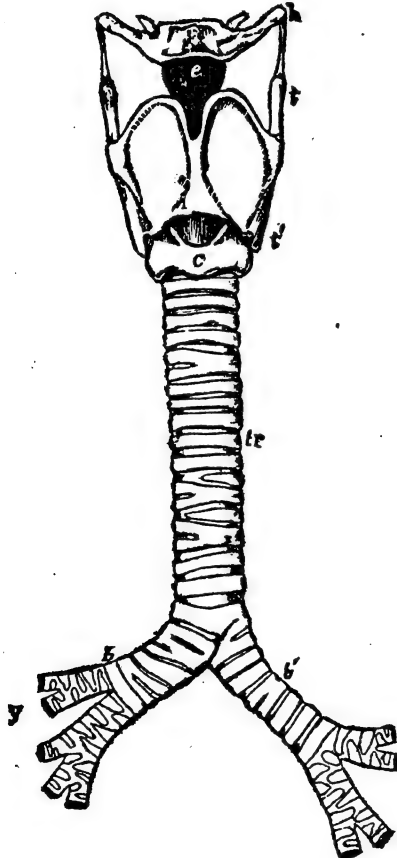
(٢٢٢) توافق الاصوات وتعاندها * قلنا ان اصوات السلم الموسيقي اذا تواتت على السمع استحسنها ولكن ذلك لا يلزم منه انه اذا وقع اثنان او ثلاثة منها معاً على السمع يستحسنها دائماً فان اجتماع بعض الاصوات معاً مكروه لما يبينها من التعاند واجتماع غيرها محبوب لما يبينها من التوافق . وانتم التوافق بين نغمتين من برج واحد وديوان واحد مثل دوودو اللتين عدد اهتزازاتها متساوي . ثم بين نغمتين من برج واحد ولكن من ديوانين مثل دو القرار ودو الجواب اللتين عدد اهتزازات عليهما مضاعف عدد اهتزازات الاخرى . ثم بين نغمتين من برجين تكون نسبة عدد اهتزازات الواحدة الى عدد اهتزازات الاخرى كنسبة ١:٣ مثل سول ودو . ثم بين نغمتين نسبة اهتزازاتها كنسبة ٣:٤ وآخر الكل بين نغمتين نسبتها كنسبة ٤:٥ * وانتم التوافق بين ثلاث نغمات من ابراج مختلفة في التي نسبة اعداد اهتزازاتها بعضها الى بعض كنسبة ٤:٥:٦ مثل ج وه وز . والخلاصة انه كلما زاد عدد الاهتزازات التي تنفق النغمات في نهايتها زاد التعاند وكلما قل عددها زاد التوافق . ويُعرف توافق النغمات في الغناء او اللعب بالآلات بالطنين

وعليه نتوقف لذة
الالحان

الفصل السادس

في آلات الصوت والسمع

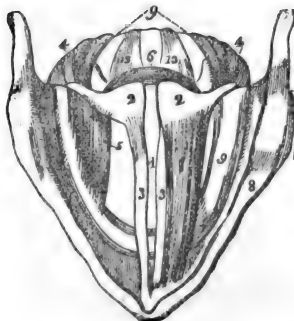
(٢٢٤) آلات الصوت في الانعام * كل ما يتنفس الهواء من الحيوانات



النكل ١٣٦

ذوات الفترات الأقل من آلة آلات بصوت بها مودعة في قسم من جهاز التنفس . وكثير منها قادر على تغيير صوته وتكييفه أما وقت احتوائه او بعد احتوائه ومن حملتها الانسان فانه يغير صوته تغييرات شتى يحصل التكلم من بعضها . وآلات الصوت في الانسان تجويف الصدر والقصبة والحنجرة والحلق او البلعوم والنف والانس وما يتعلق بها وهي مثل آلات النخ ولكنها تشارك ذوات الانوار ايضا . فتجويف الصدر يضيق ويتسع بالتنفس فيضغط الرئة تارة ويتركها لتمدد اخرى فيخرج الهواء منها متى ضغطت ويدخل اليها متى تمددت فيكون هو والرئة بمنزلة المنفاخ في الارغن (عد ٢٢٠) . وعند خروج الهواء من الرئة يندفع الى القصبة ومنها يضرب وتر الصوت في الحنجرة فيصوتان . فتكون القصبة بمنزلة طرف انبوبة الارغن ووتر الحنجرة بمنزلة فيها . والبلعوم والنف والحنجران يغير الصوت وتكثفه تارة بانساعها واخرى بتضييقها ونحو ذلك فتكون بمنزلة راس الانبوبة الذي تصل منه اهتزازات عمود الهواء بالهواء الخارجي

(٢٢٥) الحنجرة * هي اخص اعضاء الصوت . واشهر اجزائها اربعة غضاريف تسمى الدرقي والحلقي والطرجها لين وترتبط وتحرك بعضها على بعض برباطات وعضلات . ويقسم التجويف الذي بينها الى طبقتين الواحدة



الشكل ١٢٧

فوق الاخرى بواسطة غشائين ممتدين من كل من الجانبيين ولا يتصلان من الوسط بل يبقى بينهما شق ضيق . ويتألف جانبها اللذان يليان هذا الشق من نسج مرن ويسميان الوترين الصوتيين (الصحيحين) يتميزا لهما عن الكاذبين وهما وتران فوقها لا يصوتان) ويمتد الشق بينهما من مقدم

تجويف الحنجرة الى مؤخره ويسمى فتحة المزمار . ترى صورة القصبة والحنجرة من

المقدم في الشكل ١٢٦^(١) وصورة باطن المحجرة من الاعلى في الشكل ١٢٧
(٢٢٦) حدوث الصوت الانساني * يحدث صوت الانسان من اهتزاز
الوترين الصحيحين في المحجرة عندما يضرب عليها الهواء مدفوعاً من الرئة .
وهلن الوتران قبالان الشد والرخي كالآوتار في ذوات الآوتار . فاذا كان
الانسان صامتاً كانا مرتجحين ومتنبئين وفتح المزمار بينها واسعة فلا يصوتان
بوقوع الهواء عليها . واذا اراد ان يصوت شدهما بقدر ما يريد ان يرفع الصوت
(عد ٢٢١) فنضيق فتحة المزمار بينهما

(٢٢٧) مجال الصوت الانساني * علو صوت الانسان قلما يختلف في
التكلم فلا يجاوز حداه نصف ديوان وقلما يعلو صوت الشخص الواحد ثلاثة
دواوين متوالية . الا ان صوت النساء اعلى من صوت الرجال بديوان فيكون
مجال الصوت الانساني اربعة دواوين . وفي الغناء يغني الرجال ديوانين منها
بسميان الباس والنر والنساء ديوانين بسميان السيرانو والآتو . والفرق
الجوهري بين الباس والنر وبين السيرانو والآتو هو في الكيفية (عد ٢١٢)
ولذلك نجد فرقاً بين اصوات المغنين ولو غنوا نغمة واحدة على الباس والنر
او السيرانو او الآتو . ولعل سبب هذا الفرق اختلاف الرباطات والاغشية
والغضاريف

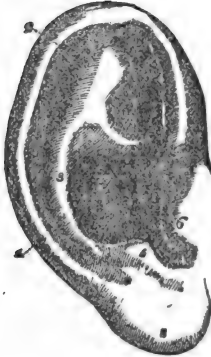
واما سبب علو نغمة صوت النساء عن نغمة صوت الرجال فهو قصر الوترين
الصوتين فيهن وطولهما في الرجال فنسبة طولهما فيهن الى طولهما فيهن كالاثنين
الى الثلاثة . ولما كان طولهما في الصبيان بقدر طولهما في النساء كانت اصوات
الصبيان كاصوات النساء حتى يبلغوا الرجولية * هذا وعلى اصوات النساء على
السيرانو يهتز ١٠٥٦ اهتزازة كاملة في الثانية واطأاً اصواتهن ٢٦٤ وعلى
اصواتهن على الآتو ٧٠٤ واطأاً ١٧٦ وعلى اصوات الرجال على النر ٥٢٨

الشكل ١٢٦ ^٢ النصبه معصلة بشعبي الرئة ٥٠٦٠ من نصف الغضروف المحلتي
^٢ قرنا الغضروف الدرقي . الشكل ١٢٧ ^١ فتحة المزمار . ٣٣ الوزان الصوتيان

واوطأها ١٢٢ وعلى اصواتهم على لباس ٢٢٠ ووطأها ٨٣٥ وكلها في الثانية (٢٢٨) مدى الصوت الانساني * مدى الصوت الانساني النوي ٧٠٠ قدم في النضاء على درجة الهواء الاعيادية . واما في لبالي الصقيع الباردة فيسمع واضحا عن بعد عظيم اذا كان الليل هادئا والهواء خالصا من المجاري والرياح فقد تنكلموا في نواحي القطب الشمالي وبينهم ميل وربع (٦٦٠ قدم) وقيل ان صوت الحارس سُمع عن بعد عشرة اميال في نواحي جبل طارق (٢٢٩) التكلّم * يقوم التكلّم بلفظ احرف العلة وهي في العربية الواو والالف والياء والمحروف الصحيحة وفي ما بقي من حروف الهجاء على وجه مفهوم . فاحرف العلة اصوات تخرج من الحنجرة وتتّوَع لفظها بحسب فتح النّوم والشفين او قصرها لابعاد فتحة النّوم عن الحنجرة او تقريبها اليها كما في لفظ الواو والياء من قولك "جوري" . والمحروف الصحيحة اصوات قد تتّوَع لفظها ايضا بحسب شكل الحلق والنّوم واللسان والشفين كما في الماء والزاي والسين والشرين والظاء وقد تقطع بالحلق واللسان والشفين كالفاء والفاء والياء الخ . ولما كان الصوت يخرج كاملا في احرف العلة كانت هذه الاحرف اشدّ صوتا من الحروف الصحيحة . ولذلك اذا اردنا اساع كلامنا للثقل السمع فقد يكفي ان نُفصّل لفظ المحروف الصحيحة دون ان نرفع اصواتنا فان فصاحة اللفظ هي سلامة خروفي من الخلل لارفع الصوت فيه (١)

(١) الصوت في الحيوانات العجم . للحيوانات العجم اصوات مخففة بها كاختصاص الصهل بنوع الفرس والتهق بنوع الخمار والماء بالمرّ ولمن جرا . والفرق في اصواتها مسبب عن تركيب حناجرها تركيبا خاصا بها ولا سببا عن شكل واتساع الحنجرين وباتي المسالك التي يمرّ الهواء فيها . وقد امتاز المرّ من بين ذوات الثديي يكون الوزين الصحيحين والكاذبين متساويين فيه تقريبا ولذلك تجد نفثات كثيرة في مواضع شبيهة بنفثات البشر . وللطيور حنجرتان علوية وسفلية موضوعة في اسفل القصبة عند شفتي الرّئة وهذه الثانية هي التي تصوت . فلا يصوت من الطير ما كان بدونها . والحشرات تصوت بطرق شتى فبعضها بصوت بالفرع وبعضها بصك اعضائها القريبة احداهما على الاخر كما يجندب

(٢٤٠) الأذن * الأذن عضو السمع وتُقسم في الإنسان^(١) الى ثلاثة اقسام



الشكل ١٢٨

الأذن الظاهرة والأذن المتوسطة والاطلة والأذن الباطنة والالبه . فالأذن الظاهرة مؤلفة من الصوان الذي يجمع امواج الصوت ومن الصاخ السمي الظاهر وهو خرق الأذن الذي يؤدي تلك الامواج الى الأذن المتوسطة وطوله نحو قيراط . والأذن المتوسطة والاطلة وهي تجويف بين الأذن الظاهرة والباطنة وتنصل عن الظاهرة بنشاء يقال له الغشاء الطلي وفيها ثلاث عظيمات

دقيقة تنصل بعضها ببعض وتوصل الأذن الظاهرة بالباطنة وتسمى المطرق وهو متصل بالغشاء الطلي والسندان والركابي وهو متصل بالأذن الباطنة . ومثبت كذلك لمشابعتها المطرقة والسندان والركاب الافرنجي . وتمتد قناة اسمها بوق أوستاكبوس من الأذن المتوسطة الى البلعوم فيدخل الهواء في هذه القناة من البلعوم الى الأذن المتوسطة ويشغلها . والأذن الداخلة والالبه هي عضو

وبعضها يتصل بقناحيو بسرعة كالبعوض . وزعم بعضهم ان اصوات الحشرات تحدث عن مرور الهواء من فوهات المسالك الهوائية فيها فتصوت كالصافورة

(١) اما الحيوانات العجم فالزروفت ابطها تعوزها حاسة السمع على ما يظهر . والحشرات لا تعرف آلات السمع والظواهر انها تسمع بعض السمع . والحيوانات الرخوة آلة السمع فيها رق مبلورة سائلا مفروشة فيو الياف العصب السمي . او رق مبلورة ماء والعصب السمي متصل بجسم حجري فهو . ولذلك لا تفقد هذه الحيوانات على الشعور بالنغمات الموسيقية وانما تميز صوتا غير موسيقي من آخر موسيقي او تميز كيفيتها بعض التمييز والموظنون ان آلة السمع في هذه الحيوانات بمثابة القنوات الهلالية في غورها . والزحافات والافاعي تهدي الأذن فيها بالغشاء الطلي وتزيد القوقعة فيها على ما في الحيوانات الرخوة . والحيوانات الباقية يزيد تركيب الأذن فيها كما لا وانانا بقدر علوها في مراتب المخلوق حتى يبلغ غاية الكمال والانتان في الانسان

السمع الخاص وإنما سميت باليه لكثرة ما فيها من المستعبرات وتضمن سائلًا
ويقسم هذا اليه الى ثلاثة اقسام الدهليز في الوسط . والفنوات المملائية



الشكل ١٢٩

والتوقعة الحلزونية الشكل على جانبيه وتسطرقان اليه . ويتضمن هذا اليه العظمي
نبيهاً آخر غشائياً يشبهه في أكثر اجزائه ويتضمن سائلًا مثله . وفي اليه الغشائي
خيوط دقيقة مرنة شعرية وكتل متبلورة ترايبية وفي التوقعة ثلاثة آلاف جسم
صغير نسي عصي كورني . ويمتد العصب السمعي من الدماغ الى داخل اليه
ويتوزع في باطن الفنوات المملائية والدهليز والتوقعة مآراً بين الخيوط الشعرية
والكتل الترايبية وفي التوقعة ينتهي بعضه الى عصي كورني . ترى صورة باطن
اليه في الشكل ١٢٩ وقد نزع جداره العظمي من الاعلى والظاهر

(٢٤١) كيفية حصول السمع * اذا اتجهت امواج الصوت نحو الاذن

الشكل ١٢٩ S P الفنوات المملائية الثلاث V الدهليز . O التوقعة ملوثة لنتين
ونصف لفة R الكوة المستديرة O الكوة البيضبة

عكسها الصبوان وجمعها في الصباخ السمي الظاهر فندخل منه وتقع على الغشاء
الطلي فيهنز وهز العظبات في الاذن المتوسطة . ويتقل الاهتزاز عليها وعلى
الهواء المحيط بها الى كرتين احلاها في الدمليز والاخرى في قوقعة التيه . وعلى
وجه كل من الكرتين غشاء فيهنز هذا الغشاء ويتقل الاهتزاز عليه الى السائل
الذي وراءه ومن السائل الى فريعات العصب السمي ومنه الى الدماغ فتشعر
النفس بالصوت . والمظنون ان الاهتزاز لا يتقل من السائل الى العصب رأساً
بل الى المخوط الشعري فيهنز وتخرج الفريعات العصبية المتصلة بها ضغطاً منقطعاً
كاهتزازها . والرجح ان الغرض من هذه الكتل اطالة الاصوات السريعة
الزوال التي تنسى اولها . واما عصي كورتي فكالانوار المشدودة شداً متفاوتاً
بحيث ان كل صوت يقع على اذن الانسان يحد بينها عصاً مهنز كاهتزازها وتؤدي
الى الدماغ فهي اشد شي بالعود او نحو من الآلات الموسيقية . وهذا ويكون
بوق اوستاكبوس مسدوداً على الغالب فيقطع الهواء الخارجي عن هواء الاذن
المتوسطة . فاذا اتفق ان ضغط هوائها قل عن ضغط الهواء الخارجي تنال من
ضغط الهواء الخارجي لما ولا يهز الغشاء الطلي الاهتزاز التام فلذلك ينقل السمع
وعند الازدراء يفتح بوق اوستاكبوس فيدخل الهواء الى الاذن المتوسطة وترد
الموازنة ولما نرى مهرة الطيحية يفتحون افواههم عند اطلاق المدافع

(٢٤٢) مجال السمع * قال العلامة ملبهلتز اخفض الاصوات الموسيقية
ما اهتز ١٦ اهتزازة في الثانية^(١) واعلاها ما اهتز ٢٨٠٠٠ اهتزازة فيها . فاذا
نقص عددها عما ذكر سمعت طفنة كل اهتزازة ولم يحدث منها صوت موسيقي
فيمتد مجال السمع في الانسان اذاً على نحو واحد عشر ديواناً . ولكن مجال الموسيقى
الاعتيادي لا يزيد عن سبعة دواوين * هذا والناس على اختلاف في سمع

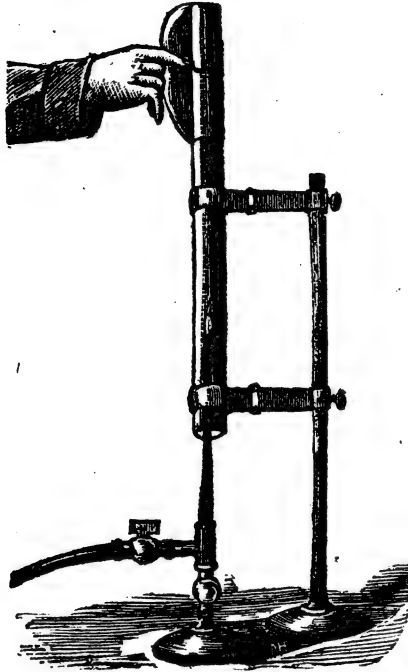
(١) اذا ادخلت اصبعك في اذنك وقبضت عضلات يدك قبضاً شديداً سمعت
صوتاً عبقاً كصوت الجرس الكبير فيهنز ٢٢ اهتزازة في الثانية

الاصوات العالية والسافلة فقد يسمع بعضهم ما لا يسمعه الآخر. فرب انبثاق
صحيحي السمع يلقى احدهما من صبر الصرصور ولا يسمع له الآخر صوتاً البتة .
والظاهر ان الاصوات السريعة الاهتزاز القصيرة تؤثر في عصب السمع اشد ما
تؤثر فيه الاصوات البطيئة الاهتزاز الطويلة . ولها ينبت الناس الى حفيف اجفحة
الجراد اكثر مما يتجهون الى هبوب النسيم بين الانصاف ولا يسمعون للرياح
العلوية صوتاً مع انها تجري فوقهم جري الجار المذارة ولا يسمعون للهوجاء
صوتاً حتى تصدم بيتاً او تنقل ثجرة فيسمعون لها حينئذ صوتاً شديداً وما هو الا
امواج ثانوية اقصر من امواج الهوجاء قبل صدمها الييت او اقتلاعها الشجرة .
الا ان ذلك لا يخلو من الشذوذ فان من الناس من لا يسمع الاصوات العالية
البتة وسمعة للاصوات المنخفضة حاد شديداً . حكى ان فتاة لم تسمع رنين الجرس
وهو يدق شديداً بل سمعت طففتة عند وضعه في محله

واعلم ان عدم سمعنا الاصوات ليس بدليل على عدم وجودها فمن الممثل
ان يوجد في الارض اصوات لا نعلم بها البتة . ولو تنهيت فينا حاسة السمع اكثر
ما في عليه فرما كنا نسمع حولنا اصواتاً لا نخطر لنا الآن على بال . وعلى ذلك
قال بعض الافاضل لا يبعد ان جند السماء يصدحون بتسايجهم حولنا حتى
ترقص الارض طرباً من تساييجهم ونحن صم لما لا نسمع الا صوت صلواتنا
الفاترة * ومن العجائب ان الاذن تميز الاصوات فتحلها وترد كلاً منها الى اصله
ولو وردت اليها من موارد لا تحصى . فلو عزف بالف معزف من المعازف
فالاذن تميز بعضها من بعض وتودي تأثير كل منها الى النفس فتطرب النفس
لكل منها بقدر ما يؤثر فيها من الطرب مع ان اصواتها تميز الهواء في جهات
متخالفة ومتضادة وتختصر كلها في مجرى دقيق من الهواء لا يزيد نخنة عن ثخن
صاخ الاذن

(٢٤٣) استمداد الطبيعة للتطريب * قال العلامة تندل ان الاحتكاك

بغني كالمغني فاذا أطلقت رصاصة في الهواء انطلقت ولما صوت تغريد كصوت الطير. واذا مرّت الرمح الاغصان مالت ولما حنين. وقالوا ان ضجيج الناس في المدن وكل ضجة اذا سمعت عن بعد سمعت على برج ومن السلم. فكيفنا



الشكل ١٤٠

نوجهنا في الارض نرى فيها ونسمع ما بلذ للنظر وللسمع وما ذلك الا لان الخالق يسر بطريق ما لا يقبل بل ما لاهياة فيه كما سرّ بحسن ما صنعت يده فتبارك من خلّاق حكيم

(٢٤٤) اللمب الحاسة * قد يتأثر اللمب تأثيراً ظاهراً بامتزاز الاصوات فيرقص حينئذ بامتزازها في البلاد التي يصوتون فيها الغاز تترافق

الانوار في ليالي الطرب مهتزة كاهتزاز الاصوات التي تخلو لها . قال بعضهم شاهدت نوراً يرتجف ويتلوى عند الصنير كأن فيه انفعالات البشر وكان لشدة نائره يهتز لكفة الساعة الصغيرة عند تقريبها اليه . وقد استعماوا اهتزاز هذه اللهب لظهار الفرق بين اصوات احرف العلة ولغير ذلك من تجارب الصوت

(٢٤٥) اللهب المغنية * اذا انزلنا انبوبة من الزجاج على لهب غاز الهيدروجين كما ترى في الشكل ١٤٠ فبعد بلوغها حدّاً يصوت اللهب مغنياً . ويخال السامع صوته أولاً بعيداً ثم يخالّه يقرب منه حتى يصير شديداً يستصعب سماعه . وثوقف نغمة هذا الصوت على حجم اللهب وطول الانبوبة . وسبب اتحاد الهيدروجين بالكسجين الهواء بتفرقات متوالية كما يعرف من علم الكيمياء

(٢٤٦) مسائل للتمرين * (١) لماذا لا يقدر الذين يكونون في مؤخرة صفٍ طويل من الجيش على ضبط اوقات الموسيقى اذا كانت في المقدمة . (٢) تأخر الرعد عن البرق ثلاث دقائق فكم بعد الراعدة . (٣) مرّت خمس ثوانٍ بين ضوء المدفع وصوته فكم بعده . (٤) كم يقتضي للصوت من الزمان حتى يصل من قرية الى اخرى تبعد عنها عشرة اميال لو وصل بينها بانبوبة الكلم . (٥) أطلق زيد بندقيته قبالة صخرة فرجع الصدى عنها في اربع ثوانٍ فكم بعدها عنه . (٦) ما هو سبب الاختلاف بين صوت الرجال والنساء وبين الباس والنثر . (٧) تكسر نيزك من نيازك ١٢ تشرين الثاني ١٨٦٨ على على ٦٠ ميلاً ففي كم من الزمان وصل صوته الى الارض . (٨) رمينا حجراً في بئر ثم سمعنا صوت مصادمتها لغيرها بعد اربع ثوانٍ فكم عنها . (٩) في كم من الزمان يسير الصوت خمسة اميال في ماء بحري هادئ . (١٠) كم تزيد شدة صوت المدفع عند من يسمعه على بعد عشرين قصبة على شدته عند من يسمعه على بعد نصف ميل . (١١) أعلى راس الجبل تزيد سرعة الصوت أم على سفحه .

(١٢) لماذا يكون الصدى اضعف من الصوت الاصلي . (١٣) لماذا يتعصب المتكلم بيقو التكلم . (١٤) كم عدد الاهتزازات التي يهزها البرج الخامس من السلم الطبيعي في الثانية . (١٥) ما هو طول امواج الصوت في ذلك البرج اذا كانت درجة الحرارة صفراً . (١٦) كم عدد الاهتزازات في البرج الرابع من السلم الطبيعي . (١٧) اصنع شجاية وعين بعد ثقبها بعضها عن بعض لديوانين من السلم



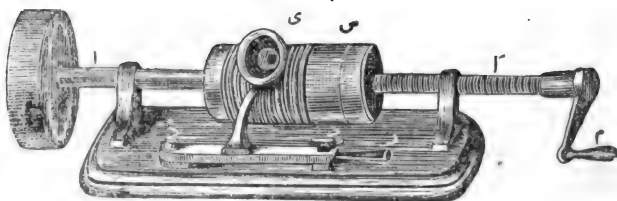
ملحق

في غرائب الصوت والفونوغراف

قال سَلِيمَن : سَمِعَ صوت المِناضِلِ عن بعد ٢٥٠ ميل بوضع الاذن على الارض . وقبل سَمِعَ صوت المِناضِلِ في حرب جَنَه من مدينة درسدن على بعد ٩٢ ميلاً . وفي فيرفكس بولاية فرجينيا من الولايات المتحدة مكان يردّ صدى عشرين نغمة تعزف بالفلوت ولكنه يغير علو بعضها عما هو . وقال السَّرْجون هرشل تسمع نكة الساعة الصغيرة في كبسة ابي بانكتلرا من طرف الى طرف . وفي آيل آف وَيْت بمرملاء من الداخل عمقها ٢١٠ اقدام وعرضها ١٢ قدماً فاذا وقعت فيها الابرة سمع صوت مصادمتها للماء . وفي بعض جهات الكولومبيوم بلندن يُسَمِعُ صوت تمزيق الورق كطقطقة البرد من تكبير الصدى له واذا تكلم الانسان فيه كلمة رُدَّتْ عليه متتالية كأنها قهقهة الضاحك اذا نعت النحلة كان صوت دندنتها على ومن السلم واما اذا ذهب

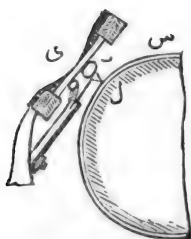
تجني فيكون صوتها على ١ وإذا أمسكت ذبابة الخيل صنعت جناحها ٢٥٠
صنفة في الثانية والخلعة ١٢٠ صنفة. ومن العجيب ان قوة قليلة تحرك مقداراً
عظيماً من الهواء فانا نسمع للطائر صوتاً واضحاً عن علو ٥٠٠ قدم وذلك
بقتضي له تحريك كرة من الهواء قطرها ١٠٠٠ قدم وثقل هوائها اكثر من
١٤٩٠٠ افة

فونوغراف أدبسن. قد اخترع ادبسن الفيلسوف الاميركاني آلة لاعادة
الصوت نسي فونوغراف وهي كلمة يونانية معناها كاتب الصوت وقد اشتهرت
هذه الآلة بالمرتين الاول بساطة تركيبها والثاني عظم فائدتها



الشكل ١٤١

تري في الشكل ١٤١ فوهة ي شبيهة بالاذن في نهايتها غشاء طبلي معدني
مرن رقيق وقد غُرز رأس محدد من فولاذ في زنبرك على قفا الغشاء وهذا
الرأس المحدد يضغط بلطف على سطح صفيحة من
تنك ويبعث اليها اهتزازات الغشاء بتوسط انابيب
من الصمغ الهندي وانبوبة اخرى مجوفة تسكن
اهتزازات الزنبرك نفسه. وهذا يدل عليه في الشكل
١٤٢ الذي هو صورة مكبرة



الشكل ١٤٢

اما صفيحة التنك فلنقوة على محيط اسطوانة
مستطيلة س على وجهها حفر لولبي مصنوع بكل دقة واحكام كل خيط منه

نحو ١/٢ فيراط. والاسطوانة تشغل دائرة على لولب ١١ الذي خطاطة كحيطان
الاسطوانة نفسها ويدار بواسطة المتبض م وتلك الحركة يضبطها دولاب
كبير. وفي الآلة نظام آخر د د ر ب ب يترتب موقع الفوهة وضغطها على
صفيحة التنك

فاذا امتز الغشاء بالتكلم او الترم في الفوهة حينما تدار الاسطوانة ادارة
متصلة فذلك يجعل سرداً من نقط وخطوط على صفيحة التنك التي تحتفظها
لكونها غير مرنة

ثم اذا انعكس العمل بأن تُعكس ادارة الآلة تنشئ صفيحة التنك المحززة
صوت الغناء او التكلم الذي كانت قد اشتغلت الفوهة. والاحسن لرد الصوت
استعمال فوهة خصوصية اعظم من الفوهة الاولى مخصرة كالتي في الشكل ١٤٣.
وهذه ترتب بحيث يشغل الرأس المحدد في حروز سير التنك بين خطان
اللولب الذي للاسطوانة. وذلك يجعل خصر الفوهة يمتز ولما كانت امتزازاته
متصلة بالهواء بواسطة الفوهة بعيد الصوت. فاذا أُريد ان يكون الصوت
مرتفعاً أُستعمل له الغشاء الرقيق المرن. واذا أُريد ان يكون واضحاً أُخبر له
غشاء صلب

وعلى هذا الاسلوب قد أُعيد الصوت وسمع واضحاً. اما المقاطع فتمتازة مع
كونها ضعيفة والفوهة تبيد لهجة الشخص الذي يتكلم فيها ولكن بجثة فلي هذا
يمكن ان يُحزن الكلام على سير من تنك ويحفظ زمناً مديداً. ويمكن ان يُعاد
الصوت اكثر من مرة بواسطة سير التنك غير انه بعد الاعادة ثانية تضعف
قوته كثيراً

اذا ازدادت سرعة الدوران عما كانت قبل تغيير لهجة التكلم واذا لم تكن
على نسق واحد فالاعادة في الترم غير صحيحة. فلكي تجعل السرعة على نسق
واحد قد أُستعمل لذلك ساعة كبيرة

ثم ان في درجات الوضوح للمقاطع والحركات التي تعاد فرقاً جميعاً .
 فان السنين مثلاً اذا اُدبر الفونوغراف في عكس الجهة قليلة الوضوح جداً
 ولكن سائر الحروف تبقى على هيئتها . وتُعاد الكلمات والحروف
 معاً مقلوبة . وحسب تقرير اديسن يمكن تدوين
 ٤٠٠٠٠ كلمة على صفحة لافونوق

عشرة قراربط

مربعة

٢

— ❦ —



الباب الثامن

في البصريات

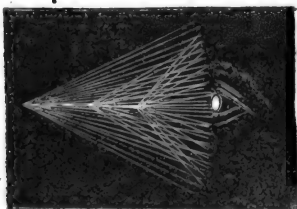
الفصل الاول

في النور ونواحيه

(٢٤٧) حدود* البصريات فن يبحث فيه عن النور. والاجسام من حيث ملاسمتها للنور اما منيرة وهي ما يصدر النور منه كالشمس والنار ونحوها. واما مظلمة وهي ما لا يصدر منه نور بل ينعكس عنه نور غيره اذا وقع عليه وهذه لا ترى الا بنور مكتسب من غيرها كالقمر والحجر ونحوها* والاجسام من حيث نفوذ النور منها اما شفافة او شبيهة بالشفافة او ظلييلة. فالشفافة هي التي تعيق النور يسيرا عن نفوذه منها كالزجاج فترى الاشباح من ورائها^(١). والشبيهة بالشفافة هي التي تعيق النور كثيرا عن نفوذها

(١) الشفاف والظليل كلتان اعتباران فلا جسم تام الشفافة ولا الاظلال لانه لا يهذ للشفاف من ان يصد بعض النور عن نفوذه فان اصفى الزجاج يضعف النور يسيرا

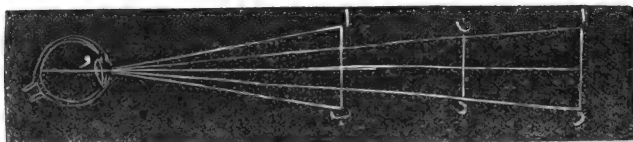
كما لورق المزيّت ونحوه فلا ترى الاشباح من ورائها . والظليلة
هي التي لا ينفذها النور كالحجر ونحوه بل تلقي ظلاً كثيفاً على
الارض * والوسط هو المكان او الجسم الذي يسير النور فيه كالفرغ
والماء والهواء والزجاج وما اشبه * وشعاع النور خط واحد
من خطوطه . فاذا ادخل النور من ثقب دقيق الى غرفة مظلمة
ظهرت الشعاع من سطعان الهباء الذي تقع عليه * وقلم النور



الشكل ١٤٣

عدة اشعة منفردة من نقطة
واحدة او منضبة اليها . اما
المنفرجة فهي التي تفرق من نقطة
واحدة واما المنضمة فهي التي تلتقي

في نقطة واحدة بعد تفرقها . ترى ثلاثة افلام في الشكل ١٤٣



الشكل ١٤٤

وحبل النور اشعة متوازية مجنبة معاً

ويقال انه لو صار عنى الماء ٧٠٠ ميل لكان لا يوصل البنا نوراً من الشمس ولا الكواكب .
ولا بد للظليل من ان ينفذ بعض النور فان الذهب اذا طرقت ورقاً مخضراً لونه وبشت
كالشيب بالشفاف وكذلك القرون اذا قشرت . وقد وجدوا ان النور ينفذ الى اعماق
البحار فلا يبقى ما هناك في الظلام المحالك طول دهره

(٢٤٨) زاوية النظر * هي الزاوية الواقعة بين شعاعين
تلتقيان في العين احدهما من طرف واحد من الشئ المنظور
واخرى من طرفه الآخر

ليكن اب (الشكل ١٤٤) شجراً تراه العين و فالزاوية اوب هي زاوية
النظر وهي تصغر بعد الجسم عن العين فاذا تقلنا الشئ اب الى اد نصير
زاوية النظر اود وهي اصغر من الزاوية اوب فلذلك يظهر الشئ اد اصغر
من اب . اذا اذا كبرنا هذه الزاوية او صغرناها بواسطة من الوسائط مع بناء
بعد الشئ على حاله تكبر الشئ للعين او نصغره كما سيأتي في المرايا والعدسات
ان شاء الله

(٢٤٩) النور * النور شي اذا اصاب شبكية العين أثر فيها
البصر . وفي ماهيته قولان احدهما انه مادة لطيفة مؤلفة من دقائق
صغيرة جداً تنبعث من الاجسام المنيرة الى كل الجهات في
خطوط مستقيمة بغاية السرعة فتصيب الاجسام ثم تنعكس عنها
الى العين فتبصر العين الاجسام بها وهذا قول اسحق نيوتن
وطائفة من الطبيعيين وقد كاد يطل * والاخر ان النور ليس
مادة بل اهتزاز في الاثير والايثير سائل على غاية اللطافة منتشر
في جميع نواحي الكون يشغل كل فراغ ويغزل مسام الاجسام
فينفذ من مسام الزجاج ويشغل الفراغ التي تحده المفرغة في
القابلة ولا يقبل كاشفاً من الكواشف الكسبية

وليبيان حدوث النور من الاجسام المنيرة يظن ان الشمس ونحوها تكون دقائقها في حالة الاهتزاز على الدوام فهتزازها باهتزازها الاثير الملابس لما ويتوَجَّع امواجاً مستديرة حول الجسم المنير حتى يقع على العين فتشعر بالنور او حتى يصيب الاجسام وينعكس عنها الى العين فتبصرها بواسطته . فتكون امواج النور على هذا القول كامواج الصوت ولكن الصوت يكون في الهواء والنور في الاثير والصوت يسير في نفس الجهة التي تسير فيها امواجه واما النور فيسير في جهة معارضة لجهة امواجه . فاذا وقعت شعاعة علينا من نجم فوق رؤوسنا والدقائق التي تتألف منها امواج تلك الشعاعة تهتز الى الشمال والجنوب والشرق والغرب وكل جهة بين هذه الجهات الاربع بحيث تكون جهة اهتزازها عمودية على جهة نزول الشعاعة

(٢٥٠) نواميس النور * نواميس النور ثلاثة: الاول . ان النور ينبعث بالتساوي من الجسم المنير الى كل الجهات . ودليل ذلك اننا نرى الجسم المنير من اي ناحية التفتنا اليه ولا يخفى جزء منه عنا اكثر من غيره كيفما درنا حوله

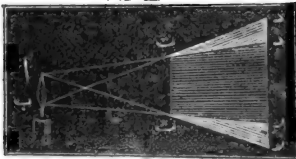
الثاني . ان النور يسير في خطوط مستقيمة اذا اخترق وسطاً متجانساً الاجزاء — اعني ان يكون تركيب الوسط واحداً وكثافته واحدة في كل اجزائه

ودليل ذلك انه اذا اعترض جسم ظليل بين عيوننا وبين الاجسام المنيرة يخفى الجسم المنير عنا لان اشعته تسير في خطوط مستقيمة فلا تدور حول الجسم الظليل حتى تقع على عيوننا . ولذلك لا نرى الاشباح من وراء الحائط ولا من وراء صناديق متعددة مثقوبة ما لم تكن ثقوبها واقعة بعضها فوق بعض

بحيث تدخل الأشعة منها على استقامتها

(٢٥١) الظل والظليل * الظل انقطاع اشعة الشمس او نحوها عن مكان
لحلوله جسم ظليل بينها وبينه. والظليل انقطاع بعض اشعة الشمس عنه وهو
متوسط بين الفصح والظل. وليمان ذلك ليكن ا ب (الشكل ١٤٥) لميس
شمعة وت ث شبح ظليل قبالة فعند وقوع الاشعة من ا ب على ت ث تصد
عن نفوذها فيبقى ما وراءه مظلاً وهو ظلة

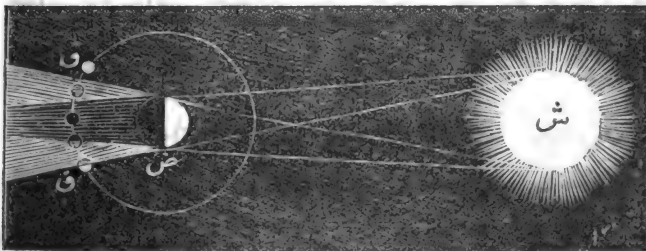
فلو كان ضوء الشمعة نقطة واحدة فقط لآلني الشبح وراءه ت ث ظلاً
ظليلاً فقط ولكن ضوءاً ما مؤلف من نقط عديدة وكل نقطة تبعث قلماً منرجاً



الشكل ١٤٥

من النور الى كل الجهات. فالنقطة ا
مثلاً تبعث القلم ت ا ث فتى وقع على
طرفي الشبح ت ث تذهب الشعاع ا
ت في جهة ذ والشعاع ا ث في جهة ز.

والنقطة ب تبعث القلم ب ث ب ت فذهب شعاعه ت ب في جهة ر و ب في
جهة د فالقلم المنبعث من ا يلقي ظلاً على الفحة ز ث ر ونوراً على الفحة
د ت ذ والقلم المنبعث من ب يلقي نوراً على الفحة الاولى وظلاً على الثانية بعكس
الاول واقلام بنية النقط التي بينها تلتقي ظلاً على الواحدة ونوراً على الاخرى
جسم قريباً من ا و ب. فيكون الظل في الفحين المذكورين اقل ظلاماً من

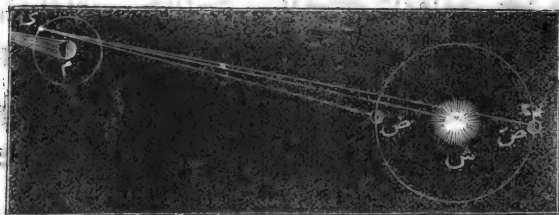


الشكل ١٤٦

ث ر ذ الذي لا يقع عليه نور. واقل نوراً من بقية الاجزاء المستديرة ولذلك
يسي ظليلاً وهو يقل ظلاماً كلما ابتعد عن الظل. ويشاهد جلياً في ظل الارض
عند انخساف القمر فانه يختفي أولاً بدخوله الظليل ثم الظل كما ترى في الشكل
١٤٦ من الشمس وض الارض وق القمر في ظلها وظليلها

(٢٥٢) الناموس الثالث * ان كثافة النور تنقص بقدر ما
يزيد مربع بعده. فاذا اضانا خمسة مصابيح متساوية النور كثافة
ومقداراً ووضعنا مصباحاً منها على بعد ذراع واحدة والبقية على
بعد ذراعتين عنا رأينا نوره معادلاً لنور الاربعة معاً. وسبب
تناقص كثافة النور بزيادة مربع بعده هو ان اشعته تنفرج في
البعد فتنتشر على سطح اوسع من الاول كلما بعدت

(٢٥٣) سرعة النور * المعول عليه الآن هو ان النور يقطع
١٩٣٠٠٠ ميل في الثانية ولعظم سرعته هذه لا يشعر بها عادة
على الارض. فمهما كان بعده عن الناظر يظهر له وللذين ابعد
منه في وقت واحد حتى انه لو دار قلم منه حول الارض لاكمل
دورته اسرع من لمح البصر



الشكل ١٤٧

تستعمل سرعة النور بطرق متنوعة أبسطها خسوف أقمار المشتري وذلك
 ان للسبار المشتري اربعة اقمار تدور حوله في مذات مختلفة . فتمت وقع بين
 الشمس وبينها ثمر في ظلوه فتخسف عنا في اوقات معلومة . فمن انخسافها هلا
 استخرج فلكي دماركي يسي رومر سرعة النور كما يأتي : ليكن م المشتري
 (الشكل ١٤٧) وي أول اقماره يدور حوله في الدائرة المرسومة . وليكن ش
 الشمس وض ض الأرض دائرة في دائرتها حول الشمس . فتمت كانت الأرض
 عند ض والمشتري وقمره المذكور في الاستقبال تكون الفترة بين انخساف م
 وانخساف آخر يتلوه $٢٦^{\circ} ٢٨' ٤٢''$ س . ثم اذ كانت تسير في دائرتها حول
 الشمس ش وتبعد عن ذلك القمر لاحظ الفلكي المذكوران فترات انخسافه
 كانت تتزايد اي انه كان يتأخر عن الميقات المعين المرقوم لكل انخساف
 يتلو ما قبله بعد تقييد الانخسافات المتوالية في زيجو حتى وصلت الأرض بعد
 ٦ اشهر الى ض اذ صار قمر المشتري في الاقتران فكان هناك معظم التأخير
 الذي وصل الى $٢٦^{\circ} ١٦'$. ومن ثم أخذت الفترات بين خسوفات متوالية
 تتناقص برجوع الأرض الى ض حتى صارت ثم $٢٦^{\circ} ٢٨' ٤٢''$ س . ولكنه لم
 يحصل فرق يعتد به بين فترات الانخسوفات المتوالية في سيرها في قوس صغيرة
 عند الاستقبال او الاقتران حيث لا يزداد البعد لذلك ازدياداً يلفت اليه .
 فحكم رومر حكماً قطعياً ان ذلك التأخير لابد ان يكون مسبباً عن تأخير
 وصول النور بسيره في تفاوت بعد الأرض عن قمر المشتري بتباعداه عنه من
 الاستقبال الى الاقتران . وذلك الفرق انما هو قطر دائرة الأرض حول الشمس
 ومقداره بحساب الفلكيين ١٨٩٢٤٠٠٠٠ ميل فاذا قسمنا هذا العدد على
 $٢٦^{\circ} ١٦'$ اي ثواني $٢٦^{\circ} ١٦'$ يخرج ١٩٠٠٠٠ ميل سرعة النور في ثانية واحدة .
 وعلى ذلك يلزم للنور ٨ دقائق و ١٨ ثانية فقط حتى يصل من الشمس اليها
 مع ان صوت المدفع لا يصل في اقل من سبع عشرة سنة لو امكن ان يصل
 منها اليها

هنا ولعظم بعد النجوم عنا يقتضي للنور سنون حتى يأتي منها اليها فاقرب
نجم من النجوم الثوابت لا يصل نوره اليها الا بعد خروجه منه بثلاث سنين
ونصف سنة وغيره لا يصل نوره اليها الا بعد الوف من الصين. فاعجب لعظمة
هذا الكون واقتدار خالقو جل جلاله

(٢٥٤) امتصاص النور * لاجسم كامل الشفافية فلا بد ان اشفت
الاجسام بطنى بعض النور بابطال موج الاثير وهذا يقال له امتصاص النور.
فاذا وقع ضوء الشمس على جسم اسود قلنا ان الاسود يمتص النور ليس
لانه يمتص حقيقة كما تمتص الخرقة الماء بل لانه يبطل موج
الاثير فبطنى النور. فيكون لفظ الامتصاص

في النور من باب

المجاز

الفصل الثاني

في انعكاس النور

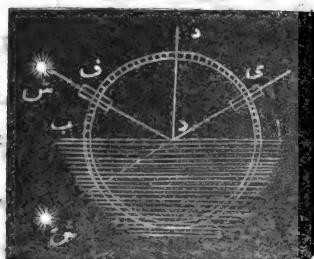
(٢٥٥) النور المستطير والنور المنعكس * انعكاس النور هورجوعه عن جسم بعد وقوعه عليه من جسم منير. فاذا كان الجسم الذي يقع النور عليه خشن السطح فليسبب خشونه تفرق الاشعة عنه منتشرة منه الى كل الجهات فيرى ذلك الجسم من كل جهة ويسمى النور المندفع عنه النور المستطير. واما اذا كان املس صقيلاً فتندفع اشعة النور عنه الى جهة واحدة او الى جهات معينة فلا نرى منه صور الاشباح الا اذا وقفنا في تلك الجهات المعينة. ويسمى هذا النور النور المنعكس

. بالنور المستطير نرى الاشباح الظليلة نفسها وبالنور المنعكس نرى صورة الاشباح لا الاشباح نفسها لان الاجسام الصلبة التي يندفع عنها النور المنعكس لا تظهر في بؤنا نظهر بؤنا الاشباح التي اوقعت عليها. كالمرآة مثلاً فاننا لانراها في بالنور المنعكس بل نرى الاشباح التي توقع النور عليها. واذا قبل فكيف نرى المرآة نفسها فالجواب انا نراها بالنور المستطير فقط. ولو كانت نائمة الصقالة والشفافية لم نرها البتة. ومن الشواهد على ذلك ان زجاجة المرآة اذا تغيرت سهل على الانسان ان يعلم بوجودها لانها تخشن. وكلما صنت عسر عليه

ذلك حتى ان كثيرين يرون صور الناس في المرآة فيحسبونهم الناس انفسهم لا صورهم لعدم علمهم بوجود المرآة
واعلم ان النور اذا وقع على جسم شفاف فالجانب الاكبر منه ينفذهُ والاصغر
ينعكس عنه واذا وقع على جسم ظليل فبعضه ينعكس عنه وبعضه يمتص. ويزيد
مقدار ما ينعكس من النور بحسب صفاته الجسم فكما زادت الصفاة زاد النور
المنعكس الا اذا كان لون الجسم اسود فانه يمتص النور. ولولا النور المستطير
والمنعكس لم نقدر على رؤية الاشياء ولا رؤية صورها. فكل ما يرى من جسم
ولون وصورة انما يرى بالنور المنفذ عنه

(٢٥٦) ناموس انعكاس النور * هو مثل ناموس انعكاس
الاجسام المرنة والاصوات اعني ان زاوية الوقوع تعدل زاوية
الانعكاس. وتكون كلتا الشعاع الواقعة والمنعكسة في سطح
واحد عمودي على السطح العاكس

ويتضح ذلك من هذه التجربة. وهي: اذا وضعت العين في الانبوبة في
(الشكل ١٤٨) وكانت الانبوبة ممتجهة الى الشمس ظهرت صورة الشمس عند
شق لان الشعاع ش د تنعكس عن سطح الزئبق اب من د الى ي. ثم اذا
قيست الزاوية ف د ذ وهي زاوية الوقوع وذ د ي وهي زاوية الانعكاس كانتا



الشكل ١٤٨

متساويتين. ولا ترى صورة الشمس من
غيري اذا ادبرت الانبوبة من مكانها
الى جهة اخرى لانها تخرج عن حد
زاوية الانعكاس. واما كون الشعاعين
الواقعة والمنعكسة في سطح واحد
عمودي على السطح العاكس فلان

محوري الانبوبتين ي وف يجملان عند عمل الآلة في سطح واحد مواز لسطح الدائرة ذي اب وهذه الدائرة توضع بحيث يكون سطحها عمودياً على اب اي على السطح العاكس. فالشعاعتان اللتان تمران في محوري الانبوبتين تكونان في سطح واحد عمودي على السطح العاكس واذا أميلت الدائرة فلا ترى صورة الشمس

ثم ان النور المنعكس عن سطح تزداد كثافته بانعكاسه عنه بعد الوقوع عليه عما كانت قبل الوقوع عليه . وذلك لان السطح العاكس يتوي تجوات النور برداً المصادمة اليه فتزداد كثافته اي لمعانه . فاذا وقعت شعة على السطح عمودية انعكست عنه برجعها في خطها العمودي باعظم كثافة . وكلما مالت الشعاع عن الخط العمودي على السطح من نقطة الوقوع تعظم كثافتها بعد انعكاسها عن التي تحصل لما بعد انعكاسها لو وقعت عمودية اي ان الشعاع تزداد كثافة المدفوعة منها عن السطح بزيادة ميلها عن الخط العمودي عليه في نقطة الوقوع . فاذا وضعت مثلاً ظلمية ورق امام مصباح افقية ونظر اليها بزيادة انحراف اي بتقريب النظر الى الظلمية ترى صورة لميب المصباح بالانعكاس ولكنها لا ترى اذا كانت الشعاع اقل انحرافاً اي اقرب الى العمودي على الورق في نقطة الوقوع . ولذلك كلما بعدت الشمس عن الماجرة نحو الشروق او نحو الغروب اشتد ضياء صورتها في مرآة او في ماء وقس عليه

(٢٥٧) الجهة التي تظهر الاشباح فيها . اننا لا نرى الاشباح الا في جهة الاشعة الداخلة منها الى عيوننا . فاذا وصلت اليها الاشعة رأساً من غير ان تنحرف عن استقامتها رأينا الاشباح في امكانها الحقيقية واما اذا انحرفت بانعكاسها من جهة الى اخرى او بانكسارها كما ستعلم رأينا الاشباح في الجهة الاخيرة التي تدخل فيها الاشعة الى عيوننا . فاذا كان ضوء العينين وانحرفت اشعته حتى دخلت العين عن اليسار حسبه عن اليسار لا عن اليمين ولذلك يقال ان الاشباح تظهر في جهة الاشعة الاخيرة وهو قول كثير الورود

فاحفظه

(٢٥٨) المرايا * كل سطح صقيل يعكس النور بسى مرآة والمرايا على ثلاثة انواع مستوية ومحدبة ومقعرة . فالمستوية هي التي سطحها مستوي كالمرآة الاعتيادية . والمحدبة هي التي سطحها محدب كسطح زجاجة الساعة الاعلى . والمقعرة هي التي سطحها مقعر كسطح زجاجة الساعة الاسفل

(٢٥٩) المرآة المستوية السطح * ان اشعة النور ترجع بعد انعكاسها عن سطح مستوي مائلة عن العمودي من نقطة الوقوع كيلا عنها واقعة

فاذا وقف شخص امام مرآة مستوية السطح فكل الاشعة التي تنعكس منه على المرآة تنعكس باقية على اوضاعها الاصلية^(١) لان زوايا الوقوع فيها جميعها تعدل زوايا الانعكاس . فالاشعة الواقعة من الوجه على المرآة مثلاً تنعكس مرتباً بعضها بالنظر الى البعض الآخر كترتيبها حال وقوعها وقس على ما تقدم . فتظهر صورة الشخص في المرآة المستوية مقومة حجمها بقدر حجمه ولكن يبينها يوافق

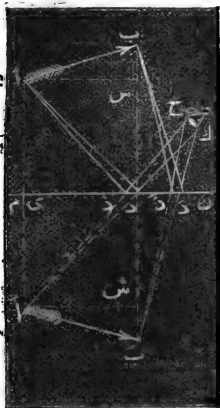
(١) تسهل معرفة جهة الاشعة المنعكسة في انواع المرايا الثلاث برسم خط عمودي على سطح كل منها في النقطة التي تنعكس عليها فتتكون زاوية الوقوع بين المخطط العمودي والاشعة . ثم نرسم زاوية تساويها على الجانب المقابل من العمودي فتكون زاوية الانعكاس . ولكي لا تثبت على الطالب معرفة رسم العمودي على المرآة المقعرة او المحدبة نقول انه يكون دائماً نصف قطر الكرة التي تحسب المرآة قسماً منها ويرسم من مركزه الدائرة عمودياً على النقطة التي تنعكس عليها . ولزيادة التسهيل في درس المرايا ليلفت الطالب الى صورته في المرآة فاذا اعوزته المرآة المقعرة او المحدبة فليستعمل ملعقة من اهدن اللامع مكانها او طاساً او نحو

يسارُهُ ويسارُها يمينُهُ

(٢٦٠) كل صورة تظهر وراء مرآة يكون بعدها عن المرآة

بقدر بعد صاحب الصورة امامها

ولابضاج ذلك لنفرض اب (الشكل ١٤٦)



سهماً موضوعاً مقابل المرآة م ن . فالاشعة التي تقع
من النقطة ا على د د من المرآة تنعكس وتدخل
العين فيحسبها الناظر آتية من آ لانه يراها في جهتها
الاخيرة (عد ٢٥٧) والاشعة التي تقع من ب على
د د من المرآة تظهر انها آتية من ب بعد انعكاسها
الى العين . فتظهر صورة السهم اب عند آ ب على
بعد من المرآة م ن يساوي بعد السهم عنها كما يتبرهن
هندسياً . ولذلك يكون بعد صور الاشباح خلف
وجه المرآة بقدر بعد الاشباح نفسها عنها امام وجهها

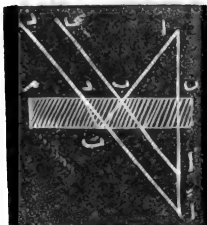
الشكل ١٤٦

(٢٦١) تعدد صورة الشج في مرآة واحدة * قبل ابضاج

ذلك نقول ان المرايا اما زجاجية وهي التي تُصنع من لوح من
الزجاج قد طلي احد وجهيه بالنصدير والزئبق . واما معدنية
وهي التي تُصنع من الذهب او الفضة او النصدير او الفولاذ او
غيره ^(١) فالمعدنية لا يرى فيها الا صورة واضحة واما الزجاجية
فيرى فيها صورتان احدهما الصورة التي يعكسها سطح الزجاج

(١) ان اصل المرايا غير معروف والمعمول عليها ان الماء كان يقوم قديماً مقامها
والظاهر ان المرايا المعدنية قديمة العهد جداً فقد ذكرت في سفر الخروج

الصفيلى عند وقوع اشعة الشبح عليه وهي الخفية والاخرى الصورة
التي يعكسها طلاء الصدر والزئبق وهي الواضحة^(١). واذا نظرنا
الى مرآة الزجاج بالوراب رأينا للشبح صوراً متعددة غير الصورتين
المذكورتين وسبب ذلك يتضح مما يأتي



الشكل ١٥٠

ليكن أ (الشكل ١٥٠) جسمًا منيرًا ومن مرآة
من الزجاج وعين الناظر في جهة مائلة عليها كما ترى
عند ي فنجد وقوع الاشعة من أ على ب من المرآة
ينعكس بعضها الى ي الى عين الناظر فيرى صورة عند
ا وينفذ بعضها الزجاج حتى يصل الى الصدر ب
فينعكس عنه ويصل قسم منه الى ه الى عين الناظر ايضا فيرى صورة ثانية
اخرج من الاولى عند أ. واما القسم الآخر فنجد وصوله الى د في انعكاسه عن
ت يعود ايضا الى الصدر ثم ينعكس جانب منه الى العين فيرى صورة ثالثة.
واما الجانب الآخر فيعود الى الصدر وينعكس بعضه عنه الى العين فيرى
صورة رابعة وهلم جرا بزيادة عدد الصور بقدر ما يخرف نظر الناظر الى المرآة
وتكون الاولى خفية جدًا والثانية واضحة والباقى تتناقص وضوحًا بالتدرج

(٢٦١) صور الاشباح في الماء * ظهر ما تقدم ان الزجاج ولو كان
شفافًا يعكس بعض الاشعة فيحدث صورة خفية. ومثله الماء وجميع الاجسام
الشفافة فتظهر فيها صور الاشباح موافقة اجزائها لاجزاء اشباحها ولكنها تكون

(١) اذا اردنا ان نعرف سبك زجاج المرآة وضعنا عليه رمالًا فاذا ظهرت صورة
الريال الواضحة بعيدة عنه حكينا بسبك زجاجها. لان هذه الصورة تنعكس عن
الصدر المطلي بـ ق المرآة. واذا اردنا ان نعرف سبك الزجاج بتدقيق نصفنا البعد
بين صورة الريال الواضحة وبينه لان الصورة تظهر وراء الصدر بقدر بعد الريال عنه

مقلوبة . فاذا وقف شخص مقابل بركة ماء بجانبها يبت ورأى صورة البيت في الماء وجدها مطابقة للبيت يكون جدرانها توافق جدران الخ . ولكنه يراها مقلوبة اسفلها الى فوق واعلاها الى تحت . ويظهر ذلك ايضا بوضع المرأة وضعا افقيا واستقبال الصور بحيث تنعكس عنها الى العبن * اذا وقع ضوء الشمس او نور القمر على الماء رأينا بقعة من الماء لامعة والباقي غير لامع . وذلك لاننا لا نرى الا الاشعة المنعكسة الى عيوننا فكل شخص يرى بقعة منيرة غير التي يراها الآخر اذا نظر الى الماء في وقت واحد من اماكن مختلفة

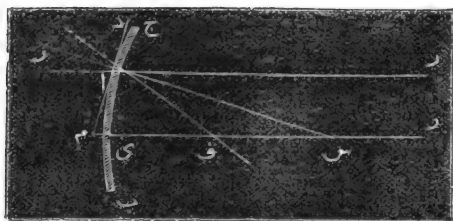
(٢٦٢) تعدد الصور في مرأتين متوازيتين او غير متوازيتين * اذا وقف شخص بين مرأتين متوازيتين رأى لنفسه خلف كل منها صوراً متعددة كلاً منها اخفى من التي قبلها . وسبب ذلك انعكاس صورته من مرآة الى مرآة كما ينضج بالنمل * واذا وضعنا ضوءاً او جسماً آخرين مرأتين احدهما مائلة على الاخرى قل عدد الصور عما يكون في المرأتين المتوازيتين فاذا كان ميل الواحدة على الاخرى ستين درجة ظهر للشخص خمس صور

وعلى ذلك صنع الكليد سكوب وهو انبوبة من الورق السميك او نفخور بوضع فيها ثلاث مرايا كل مائلة على الاخرى على زاوية ستين درجة ويوضع بينهما خرز وقطع من الزجاج الملون ونفخوما وتلار الانبوبة فيظهر فيها من الاشكال الجميلة ما يبهج النفس ويدمش الناظر . وكل ذلك بتعدد صور المخرز

واعلم ان جميع الصور التي تظهر في المرايا المستوية وهمية اعني انه لا وجود

لها ولكن العين تصورهما هناك . لان النور لا ينفذ قصد بر المرأة في رسم صورة خلفها بل يندفع عنه . وسبب اني عليك في المرايا المقعرة والعدسيات ان النور يرسم صوراً خفية يمكن القاؤها على سطح جسم آخر

(٢٦٤) المرأة المقعرة * المرأة المقعرة تجمع اشعة النور الواقعة عليها الى نقطة تسمى البؤرة او المحترق . فاذا وقعت الاشعة متوازية عليها فموقع البؤرة في منتصف البعد بين وجه المرأة المقعرة وبين مركز التعبر اي مركز الكرة المجوفة التي تحسب المرأة المقعرة قسماً منها لان كل مرآة مقعرة مثل قسم من كرة مجوفة . ونسب جيتنذ البؤرة الرئيسة



الشكل ١٥١

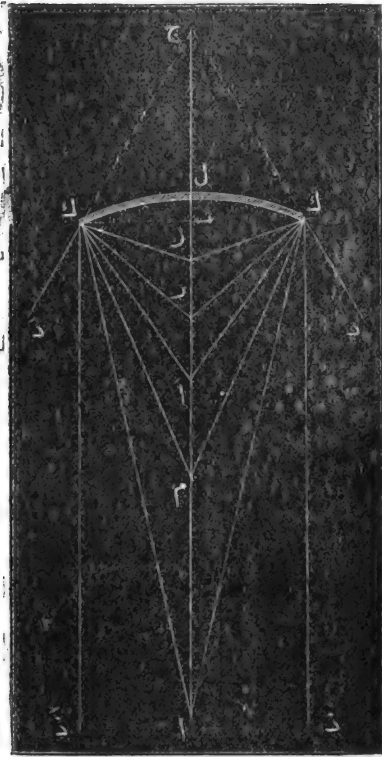
ليكن ب ي ج (الشكل ١٥١) صورة مرآة مقعرة فالخط ي ف س ر يسمى محوراً الرئيس والخط س ا محوراً الثانوي وس مركز التعبر وبؤرتها الرئيسة . فاذا وقعت على هذه المرأة اشعة متوازية كالشعاع ز ا انعكست الى ف البؤرة الرئيسة . لان زاوية الوقوع س ا ز تعدل زاوية الانعكاس س ا ف . وهكذا تنعكس كل شعاع توازي الشعاع ز ا وتقع بين س وي عند ف .

ويبرهن هندسياً ان بعد ف عن س مركز المرأة يساوي بعد ف عن ع سطح المرأة . ولو وضعنا ضوءاً في ف لانعكست اشعة عن المرأة في خطوط متوازية مثل م ر واز

فاذا صنعت مرآة مقعرة كبيرة الحجم قليلة التغير لكي يكون مركزها بعيداً ووضعت مقابل الشمس جمعت اشعة كثيرة الى بؤرتها الرئيسة . واذا وضعت اجسام في بؤرتها هذه فان كانت خشباً احرقته او معدناً ذوبته وربما صهرت بعض الصخور . روي ان الفيلسوف ارخيدس صنع مرآة مقعرة ووجهها نحو مراكب مرشلس وهو بحارب سرقوسة حتى وقعت بؤرتها عليها فاحرقها . وقد تجمع عدة منها معاً بحيث تجمع بؤراتها في بؤرة واحدة فتصهر اقوى المعادن احتمالاً للحرارة كالبلاتين صهراً شديداً سريعاً

(٢٦٥) البؤرة الاضافية او المنضمة * البؤرة الرئيسة في ملتقى الاشعة المتوازية بعد انعكاسها عن مرآة مقعرة . وتكون تلك الاشعة متوازية اذا انت من جسم لانهاية لبعده او بعيد جداً كالشمس . فاذا وقعت على مرآة مقعرة من جسم قريب أبعد عن المرأة من المركز فلا تكون متوازية بل تلتقي في بؤرة يتغير موقعها بحسب تغير موقع الشئ مقابل المرأة . وهذه البؤرة تسمى الاضافية لانها تكون بالاضافة (اي بالنسبة) الى موقع الشئ . واذا كانت اقرب الى المرأة من البؤرة الرئيسة انعكست متفرجة اذا كان موقع الجسم المنبر عند (الشكل ١٥٢) اي ابعد من م مركز المرأة ك فبؤرة اشعة في ا بين المركز والمرأة . واذا كان عند م اي في المركز ينمو فبؤرة اشعة في م ايضاً اي المركز . وان كان اقرب الى المرأة من مركزها

فبؤرة اشعته وراء المركز ولا تزال بؤرة اشعته تبعد عن المركز كلما قرب من المرآة حتى اذا صار في البؤرة الرئيسة ر انعكست اشعته في خطوط متوازية ك ذلك كما مر ولم تلتقي في بؤرة . واذا قرب الى المرآة اكثر من البؤرة الرئيسة



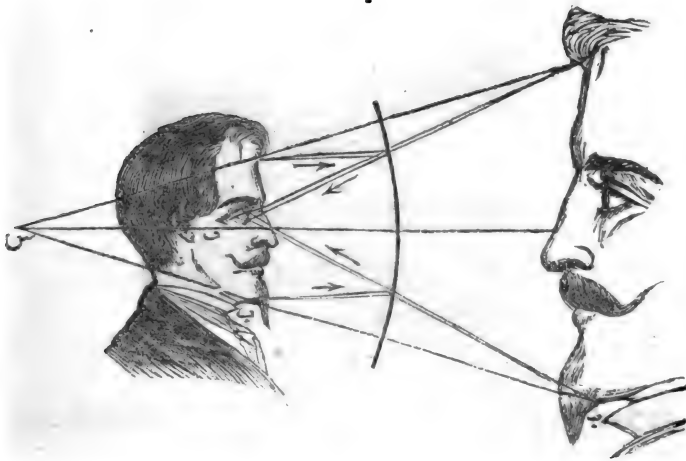
الشكل ١٥٢

انعكست اشعته منفرجة وأبعد بعضها عن بعض كلما بعدت عن المرآة فلا تلتقي البتة ؛ كما لو وضع الشمع عند ز فاشعته تنعكس في جهة الخطأين المنفرجين ك ذلك دالى ما لانهاية له

(٢٦٦) الصور بالمرايا المنعرة * علق مرآة منعرة بجائط وقف

فبالها بينها وبين بورتها الرئيسة فتري صورتك مقومة ومكبرة وراها

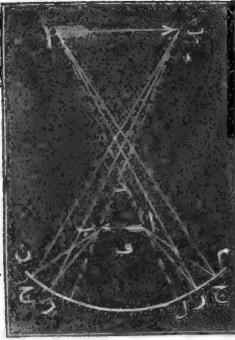
وذلك لان الاشعة التي تخرج مثلاً من جبهتك ا (الشكل ١٥٣) تقع على المرآة وتنعكس عنها منفرجة كما تقدم فتراها العين آتية من ا ب في الصورة . وكذلك ترى اشعة الذقن آتية من ب . فتكون زاوية النظر المتكوّنة عند العين اكبر من الزاوية ا س ب ولذلك تظهر صورتك مكبرة (عد ٢٤٨) . ثم ابعد عن المرآة رويداً فلا تزال صورتك تتعاظم ولكن حدودها تزيد خفاء حتى تصل انت الى البؤرة الرئيسة فتختفي صورتك سريعاً . ومتى تجاوزت البؤرة الرئيسة وصرت بينها وبين مركز تقعر المرآة كما في الصم ا ب (الشكل ١٥٤) ترم صورتك مكبرة خلفك ومقلوبة مثل ا ب . الا ان قليلاً من الاشعة



الشكل ١٥٣

الموازية بدخل عينك لو وضعت موضع الصم وبذلك ترى صورتك غير واضحة . ومتى صرت في مركز التقعر فلا ترى الا عينك لان صورتك تكون

حيث انت واقف فتطبق عليك مقلوبة . ومتى تجاوزت مركز التقدير وصرت
مكان آ ب رأيت صورتك مقلوبة صغيرة عند ا ب امام المرأة

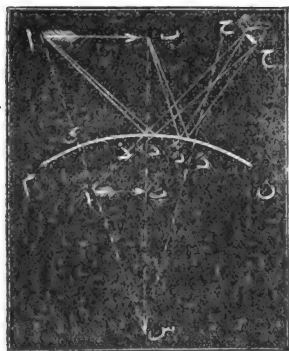


الشكل ١٥٤

اما سبب انقلابها فهو تقاطع الاشعة الآتية
من الطرفين الى المرأة فينزل الاعلى بذلك الى
الاسفل والاسفل الى الاعلى . واما سبب صغرها
فهو صغر زاوية النظر . وبحسب مكان ا ب
ومكان آ ب بؤرتين اضافيتين لان كل واحدة
منها بؤرة للآخرى . وينضج كل ما تقدم من
تتبع الشعاع المنعكسة عن المرأة ومراعاة نسبتها
الى محور المرأة

(٢٦٧) البؤرة الوهمية والحقيقية * ظهر ما تقدم ان صور الاشباح نارة
تظهر خلف المرأة المنقّرة ونارة امامها . فاذا ظهرت خلفها فذلك لان الاشعة
تنعكس عنها الى العين ولا تنفذ المرأة فلا تلتقي في بؤرة حقيقية وراءها . الا ان
الناظر يتوهم ان الاشعة تلتقي في بؤرة خلف المرأة ولذلك نسي النقطة التي يتوهم
التقاء الاشعة فيها البؤرة الوهمية . واذا ظهرت الصور امام المرأة فذلك لان
الاشعة انعكست عنها والتفت في نقطة حقيقية امامها ولذلك نسي هذه النقطة
البؤرة الحقيقية ونسي الصورة التي عندها الصورة الحقيقية (عد ٢٦٣)

(٢٦٨) المرأة المحدّبة * هذه عكس المنقّرة فتفرق الاشعة
المنعكسة عنها فتظهر الصورة خلفها واصغر من الشج



الشكل ١٥٥

ليكن م ن (الشكل ١٥٥) مرآة
محدبة و ا ب شجاً مقابلها والعين عند ح
حيث تستقبل الأشعة المنعكسة عن المرآة.
فالشعاعتان ا د ا ذ الواقعتان من
طرف السهم على المرآة تنعكسان عنها
الى العين في جهة د ج و ذ ح فمحصبان
آتين من آ خلف المرآة. والشعاعتان
ب د ب ذ الواقعتان من راس السهم

على المرآة تنعكسان عنها الى العين في جهة د ج و ذ ح فمحصبان آتين من ب
خلف المرآة. وتظهر صورة السهم ا ب مثل آ ب خلف المرآة واصغر منه.
ويتضح لك نفس ما تقدم من الشكل ١٥٣ اذا عكسته فمحصبت

المرآة محدبة والشج الوجه الكبير والصورة الوجه
الصغير. ولا تكون بؤرة المرآة المحدبة
الآ ومبينة

الفصل الثالث

في انكسار النور

(٢٦٩) انكسار النور * يراد بانكسار النور انحرافه عن جهة مسيره اذا جاز من وسط شفاف الى آخر اكثف او اطف منه. فان اشعة النور اذا نفذت الهواء ووقعت على الماء مثلاً فبعضها ينعكس اليانفري به الماء والبعض الآخر ينفذ الماء فينكسر فيه اي ينحرف عن مسيره وفيه كلامنا الآن. وهذه بعض الامثلة عليه زياده للايضاح

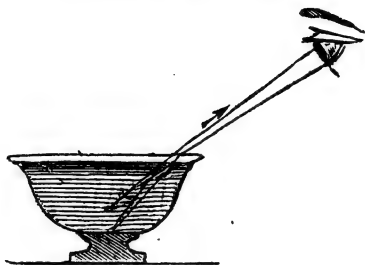


الشكل ١٥٦

(٢٧٠) امثلة انكسار النور * اذا وضعت ملعقة في كأس ماء رأيناها معوجة (الشكل ١٥٦) وهي لم تنزل مستقيمة كما كانت . واذا نظرنا الى الجذاف في الماء رأيناها كأنه قد انكسر حيث يحيط به سطح الماء. والسبب يظهر للناس اقرب الى سطح الماء ما هو ولذلك نرى الذين بصطادونه بالحراب يضربونه بها عمودية والآن يقول الضربة أكثر ما يفتضي تعميقها بالظاهر. ولما يكون دائماً اعمق ما يظهر فاذا نظرت الى قعر دلو ملآن ماء رأيت قعرها اقرب ما هو حقيقة . واذا وضعت درهما في

كأس وإبدت عنه قليلاً حتى لا تعود تراه ثم صبت ماء في الكأس ظهر لك الدرهم وانت في مكانك كما ترى في الشكل ١٥٧ فانه كلها سببها انكسار اشعة النور

وهذا الانكسار يمكن ان يشاهد اذا ملئ وعاء من الزجاج ماء ثم أغلقت كل الابواب والنوافذ ليظلم الحبل الذي الوعاء فيه وأدخلت الاشعة من



الشكل ١٥٧

نفسه الى الوعاء . فتمت فذات الماء تظهر انها قد انحرفت عن مخرجها الى جهة أخرى . ويؤمنان لايضاح ذلك بزيادة بأن يثار غبار دقيق في الهواء فيظهر الشعاع منكسراً انكساراً واضحاً

ولايضاح الانكسار في الامثلة المتقدمة ليكون في الشكل ١٥٨ اجتمعت تحت الماء كالدينار او السمك او النور وما اشبه ولكن عين الناظر عند د . فعندما يقع ضوء الشمس على وجه الماء ينفذ بعضه كما تقدم ويصيب ل ثم ينعكس عن ل الى كل الجهات ومتى وصل الى ا اي الى سطح الماء لا يبقى سائراً على استقامته بل ينكسر ويمر في جهة ا د . وبما ان الناظر لا يرى الاجسام الا في جهة الشعاع الاخيرة (عد ٢٥٧) يرى ل على استقامة ا د اي عند ل فيظهر ان ل قد ارتفع الى ل . ولذلك يظهر السمك وقصور الآنية اقرب مما هي في الحقيقة ويظهر الجملان معوجاً لان ما يكون منه تحت الماء يعلو

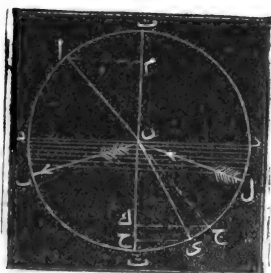


الشكل ١٥٨

بالانكسار وما فوق الماء يبقى مكانه فكانه قد انكسر فاعوج . فما مر نستخلص
ناموسين للانكسار

(٢٧١) ناموسا الانكسار * الاول . اذا جازت شعاعة
النور من وسط اكنف الى وسط الطف انكسرت عن الخط
العمودي المرسوم على هذا الوسط عند التقاء الشعاعة بسطحه *
والثاني اذا سارت الشعاعة من وسط الطف الى وسط اكنف
انكسرت نحو الخط العمودي المذكور . ويتضح هذان الناموسان
من تتبع اشعة النور في دخولها الزجاج وخروجها منه كما سنرى
(٢٧٢) الانكسار الكلي * اذا نظرنا الى بركة ماء نظرا منحرفا
جدا كما لو قربنا وجوهنا حتى تكاد نمش الارض فلا نرى قعر
البركة وجوانبها لان اشعة نور الشمس التي تصيب قعرها وجوانبها
وتعكس عنها لا تخرج المنعكسة كلها الى ما فوق الماء منكسرة في
الهواء بل تنعكس بعضها عن وجهه راجعة الى القعر والجوانب
بانعكاسها عن الوجه بموجب ناموس الانعكاس وهو ان زاوية
الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتان . وذلك يحصل متى
كانت الشعاعة الخارجة بينها وبين العمودي النازل من وجه الماء
عند ملتقاها به زاوية اعظم من $48\frac{1}{2}^\circ$. ونحن لا يتيسر لنا ان
نرى القعر والجوانب الا بالشعاع الخارجة منها فلذلك تخفي

اذا قربنا النظر الى وجه الماء . واذا وضعنا ماء في كاس من الزجاج ونظرنا اليه من اسفل الكاس رأينا سطحه لامعا كالفضة . وما ذلك الا لان الاشعة التي تنعكس عن قعر الكاس تقع على وجه الماء ثم تنعكس عنه وترجع الى القعر فترينا سطح الماء لامعا

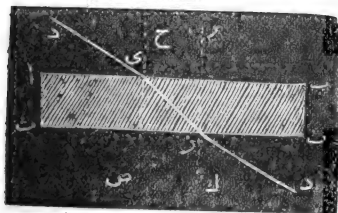


الشكل ١٠٩

ويتضح ذلك من الشكل ١٠٩ فاذا فرض ذ ن د سطح الماء فالشعاع ل ن مع فرض زاوية ل ن ت فوق $48\frac{1}{2}^\circ$ لا تنفذ الماء بعد ما تصيب سطحه عند ن بل تنعكس عنه الى ب في جهة السهم ن ب . ونسب زاوية $48\frac{1}{2}^\circ$ زاوية الانكسار الكلي لان انكسار اشعة القعر والجوانب كله ضمن

هذي الزاوية والشعاع ل ن قد فرضت خارجة عنها

(٢٧٣) انكسار النور في الزجاج * يُقسم الزجاج باعتبار اشكاله وانكسار النور فيها الى قسمين ما تحيطه سطوح مستوية وما تحيطه سطوح منحنية . فالاول له اشكال شتى كالمتوازي السطوح والمضاعف السطوح والمنشور المثلث . والثاني له ستة اشكال يقال لها عدسيات



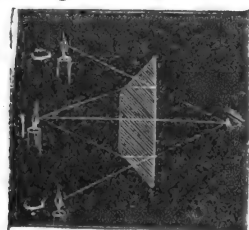
الشكل ١٦٠

وسمائي الكلام عليها

اما المتوازي السطوح فهو ما تحده سطوح مستوية متوازية كلوح الزجاج وينكسر النور فيه على ما يأتي : ليكن

ا ب ت ث (الشكل ١٦٠) لوحاً من الزجاج و ا ب و ث سطحين متقابلين من سطوحه ولنفرض ان شعاعاً وقعت من د على ي في السطح ا ب ولنرم خطاً عمودياً ح ي ص حتى يمر في النقطة ي التي تقع عليها الشعاع د ي. ففي نفوذ هذه الشعاع للوح الزجاج تكون قد مرّت من وسط لطيف هو الهواء الى وسط كثيف هو الزجاج. فتتكسر فيه عن استقامتها نحو الخط العمودي ح ي ص حسب الناموس الثاني (عد ٢٧١) وتذهب في جهة ي ز. ارم خطاً عمودياً على ز وهو ك زر فعند نفوذ الشعاع من السطح ث ت الذي هو وسط كثيف الى الهواء الذي هو وسط اللطيف منه تنكسر عن الخط العمودي حسب الناموس الاول * واذا وقعت الشعاع عمودية على اللوح نفذته ولم تنكسر لانها تسير في جهة الخط العمودي. ولذلك لا يكون انكسار في الاشعة التي تقع عمودية على الوسط

اما المضاعف السطوح فهو ما كان له سطوح عديدة مائل بعضها على بعض كما



الشكل ١٦١

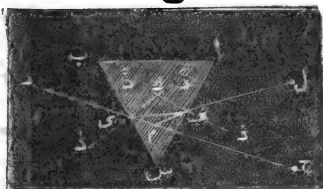
تري في الشكل ١٦١ فاذا وُضع وراءه مصباح ا فالاشعة التي تقع عمودية عليه تنفذ فتراه العين بها مكانه. واما الاشعة التي تقع على سطوحه المائلة فتتكسر نحو العمودي فتراه العين في جهاتها الاخيرة. ولذلك ترى المصباح الواحد مصابيح عديدة مثلثات و

وب. ويزيد عدد المصابيح بزيادة السطوح كما يشاهد في بلورة من بلورات الثريات

(٢٧٤) المنشور وسير النور فيه * المنشور او المنشور في البصريّات كل جسم شفاف ذي جانبيين مستويين احدهما مائل على الآخر وقاعدة بينهما. وهو كثير الاستعمال في البصريّات وعلم الهيئة وعلى الخصوص لانه يحل النور الى

الوانه التي يتركب منها . اما انكسار النور فيه فمثل انكساره في لوح الزجاج اي
انه ينكسر في دخوله اليه وخروجه منه ولكن الانكسار يكون به الى جهة واحدة
في الحالين ولذلك يرى الاجسام في غير مكانها

وايضاحاً لذلك ليكن ا س ب (الشكل ١٦٢) قطع منشور قطعاً عمودياً



الشكل ١٦٢

عرضياً ول مصباحاً قد وقعت شعاعه
على ف من الجانب ا س . ويرم
ذ ف ك عمودياً على ف فالشعاع
تنكسر نحوه لان هذا الوسط اكثف
من الهواء ولذلك تسير في الخط ف ي

لا ف م . ثم تخرج من ي الى الهواء فتكسر عن العمودي ذ ي ك (لان الهواء
الطيف من الزجاج) حتى تصل الى العين عند د فتري العين المصباح في جهة
الاشعة الواصلة اليها اي د ي ج . فيكون المصباح قد انخفض من ل الى ج
اي ان الاشعة تنعكس بالמושور انعكاستين الى جهة واحدة فيرى الجسم بها متحرفاً
دائماً نحو حده (وهو الخط الذي يلتقي جانباؤه فيه) ولذلك اذا قلبنا الموشور



الشكل ١٦٣

ا س ب حتى تصير قاعدة ا ب الى الاسفل
وحده س الى الاعلى ترتفع صورة المصباح لانها
تتحرف نحو الحد دائماً

ويستعمل المنشور ايضاً لعكس النور
عوضاً عن المرايا وذلك اذا كان قائم الزاوية

متساوي الساقين كما تری في الشكل ١٦٣ فالمصباح ذ يقع عمودياً على الجانب
ب ت وينفذ حتى يصيب القاعدة ت ا عند ي مائلاً عليها فينعكس عنها
الى ث فتراه العين من هناك

(٢٧٥) العدسيّات * العدسيّة في اصل الاصطلاح بلورة
 بشكل العدسة ثم توسّعوا فيها فاطلقوها على كل جسمٍ شفافٍ له
 سطح واحد منحني على الأقل. والعدسيّات قسمان محدّبة ومنقرّعة
 وكلها تندرج تحت ستة اشكال مزدوجة التحديق (الشكل ١٦٤)
 ومفردة التحديق ب ومزدوجة التنعير ت ومفردة التنعير ث

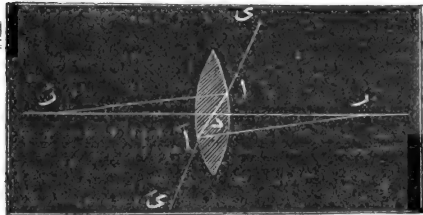


الشكل ١٦٤

وهالائيّة ج ومنقرّعة محدّبة ح . فالاولى والثانية والخامسة تضم
 اشعة النور والبواقي تفرجها. ويقتصر في التكلم عنها على المزدوجة
 التحديق والمزدوجة التنعير . لان الاولى تنوب مناب الثانية
 والخامسة والثالثة مناب الاثنتين الباقيتين

(٢٧٦) المحور الرئيسي * قبل الكلام عن الانكسار في العدسيّات نقول
 ان سطحي العدسة المزدوجة التحديق قسمان من سطحي كرتين يتقاطعان نقطة
 السطح الواحد الوسطى ونقطة الآخر الوسطى هما قطبا العدسة ومتصف الخط
 المستقيم بين القطبين مركزها وبدل على سطحها بقوسي السطح الذي يقطعها
 مازا بقطبيها ومركزها انظر الشكل ١٦٥ فان جانب العدسة اقسام من سطح
 كرة مركزها عند ر وجانبها آ قسم من سطح كرة اخرى مركزها عند ز . ويسى
 هذان المركزان مركز التنعير ويسى الخط المستقيم ر ر الموصل بينهما المحور

الرئيسي . ولا شك ان وقوع النور عليها من الهواء يجري على ناموتي الانكسار (عد ٢٧١) وما ان اشعته بدخولها فيها انمىل نحو خط عمودي في نقطة الوقوع ومخرجها منها عن عمودي في نقطة الخروج . فاذا وقعت الشععة ي ا عليها عند انمىل او تنكسر نحو العمودي ا رَ ومخرجها عند نقطة آ تمىل عن خط عمودي يُخرج على استقامة ر آ . وهكذا في سائر العدسيات . وقد حكمت ان ا رَ عمودي على السطح ا والخط الخارج من ر آ عمودي على السطح آ لان كل نصف قطر لاي كرة كانت عمودي على تعبير سطحها او تحديده وذلك لا اشكال فيه عند من له اطلاع على الهندسة

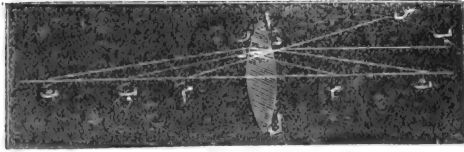


الشكل ١٦٥

(٢٧٧) الانكسار بالعدسية المزدوجة التحديب * أولاً . اذا وقعت اشعة النور على عدسية مزدوجة التحديب وكانت موازية لمحور العدسية الرئيسي نفذتها وانضمت الى بؤرتها الرئيسة . وبالعكس اذا وُضع ضوء في البؤرة الرئيسة لعدسية مزدوجة التحديب فاشعته تخرج منها موازية لمحورها الرئيسي

لتكن ال (الشكل ١٦٦) عدسية مزدوجة التحديب ولنضع الاشعة عليها موازية لمحورها الرئيسي ت كالشعاع ب ذ هذه تنكسر في نفوذها لما يجيئ تخرج في جهة د ب وتلاقي المحور عند البؤرة الرئيسة بَ وهكذا يقال في كل

الاشعة التي تقع على العدسية ال موازية لمحورها ب ت . وواضح ايضا انه اذا



الشكل ١٤٨

وُضع ضوء في البؤرة الرئيسة ب فاشعته كالشعاع ب د تنكسر بالعدسية ال حتى تخرج منها في جهة ذ ب اعني انها تخرج موازية لمحورها الرئيسي

ثانيا . اذا وقعت اشعة النور على عدسية مزدوجة التحديد خارجة من نقطة ابعد من البؤرة الرئيسة عنها تنكسر بالعدسية وتخرج منها منضمة نحو نقطة تسمى البؤرة المنضمة وهذه البؤرة تبعد

عن العدسية كلما قرب الجسم المنير من البؤرة الرئيسة

ليكن الجسم المنير عند ت (الشكل ١٦٦) فالاشعة التي تقع منه على العدسية ال كالشعاع ت ر تنكسر فيها وتخرج منها في جهة ذ ت فخلاقي المحور الرئيسي في البؤرة المنضمة ت . وهكذا يقال في كل شعاع تخرج من ت على جانبي المحور الرئيسي ت وتنفذ العدسية فانها كلها تنضم وتلتقي في ت

ثالثا . اذا وقعت اشعة النور على عدسية مزدوجة التحديد

خارجة من نقطة بين البؤرة الرئيسة وبين العدسية نفذتها

منفرجة وكوّنت بؤرة وهمية على الجانب الذي يكون الجسم

المنير عليه

ليكن الجسم المنير عند م (الشكل ١٦٦) فالاشعة التي تقع منه على

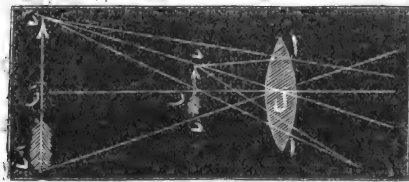
العدسية ال كالشعاع م د تنكسر فيه فتنفذ منفرجة كما ترى في ذ س وهكذا

يقال في جميع الاشعة الخارجة من م على جانبي المحورت ت . فلو أخرجت الشعاع ذس من ذ راجعة على استقامتها وكذلك بقية الاشعة التي مثلها لالتفت كلها في بؤرة وهمية وراء م

ويتضح كل ما تقدم عن الانكسار بهذه العدسية من رسم خط عمودي على ملتقى كل شعاع و سطح العدسية من مركز ذلك السطح . ثم ان كانت الشعاع داخلة الى العدسية كمرت نحو المخطط العمودي وان كانت خارجة منها كمرت عنه . فبتتبع المخطوط المرسومة في الشكل يظهر ما تقدم جليا . وفهمه ضروري لمعرفة تكون الصور بالعدسية المحدبة

(٢٧٨) الصور بالعدسية المزدوجة التجديب * اذا وُضع شبح امام عدسية مزدوجة التجديب صوّرت له صورة تختلف في حجمها وكيفية وضعها باختلاف وضعه امام العدسية كما في المراة المقعرة

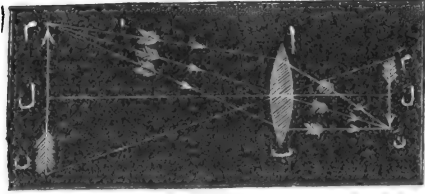
فاذا كان الشبح اقرب من البؤرة الرئيسة الى العدسية بقيت صورته مقومة وكبر حجمها لان اشعته تنفرج بعد نفوذها . ليكن ١١ (الشكل ١٦٧) العدسية



الشكل ١٦٧

ود ذ شبح امامها فالاشعة الواقعة عليها من د تنفرج بالانكسار نحو المحور الرئيسي رل وكذلك الاشعة الواقعة عليها من ذ . وهذه الاشعة لو أخرجت على استقامتها بعد انكسارها لظهرت الآتية من د آتية من د والآتية من د آتية

من دَ فتظهر صورة الشمع كبيرة مثل دَ ذ وهي صورة وهمية لاحتمية
واذا كان الشمع ابعد من البؤرة الرئيسة عن العدسة ظهرت صورته
مقلوبة وصغيرة الحجم . لكن م ن (الشكل ١٦٨) شعباً ابعد عن العدسة اب

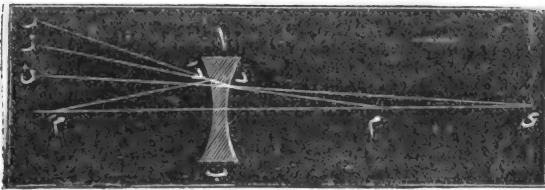


الشكل ١٦٨

من بؤرتها الرئيسة فالاشعة التي تأتي من رأسه تجمع عند ن بعد نفوذها
العدسية . والتي تأتي من ن عند م . واما التي تأتي من ل فتقع عند ل ولا
تنكسر لانها تقع عمودية على العدسية . ولذلك تظهر صورة الشمع م صغيرة
ومقلوبة مثل م ن . هذا اذا كان الشمع م من عظيم البعد عن البؤرة الرئيسة
للعدسية كما هو في الرسم ولكن اذا قُرب الى البؤرة الرئيسة شيئاً فشيئاً تكبر
صورته حتى تساويه متلاً ثم تعظم الصورة عن الشمع كما اذا وُضع الشمع مكان
الصورة م ن فحينئذ تكون الصورة مكانه وتزداد الصورة مقلوباً بتقريب الشمع
الى ان يصل الى البؤرة الرئيسة وحينئذ تضحل الصورة اذ تخرج الشعاع
متوازية

ويتضح كل ذلك من النظر الى الكتابة من وراء عدسية محدبة فانه اذا
قُربت الكتابة الى العدسية حتى تصير اقرب اليها من بؤرتها الرئيسة ظهرت
الحروف كبيرة ثم اذا أبعدت عنها اختفت شيئاً فشيئاً حتى اذا صارت في البؤرة
الرئيسة اختفت تماماً لان اشعتها تخرج متوازية فلا ترسم صورة ثم اذا صارت
ابعد من البؤرة الرئيسة ظهرت ثانية ولكن صغيرة مقلوبة

(٢٧٩) الانكسار بالعدسية المزدوجة النعير * هذه تكسر
النور عكس ما تكسره المزدوجة التحديب فانها تفرج الاشعة
بعد تكسيها لانها لا تكسر الاشعة مرتين الى جهة واحدة ولا
تجمعها الى نقطة واحدة كالـمزدوجة التحديب بل تكسرها الى
جهات شتى فتفرقها كما نرى في الشكل ١٦٩

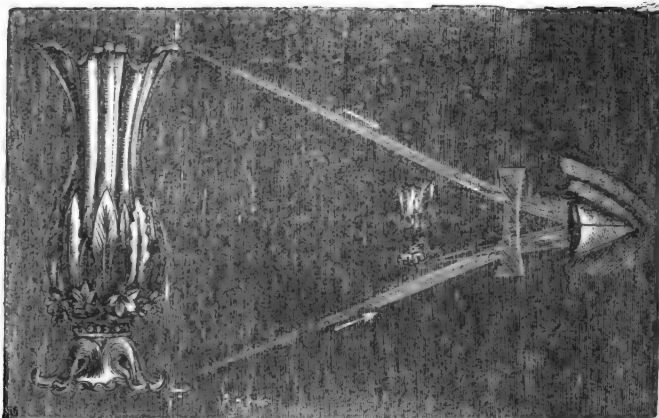


الشكل ١٦٩

فاذا وقعت الشعاع ي د على العدسية المزدوجة النعير ا ب انكسرت
فيها وانحرفت نحو المحط العمودي م د فلا تذهب في جهة د ن بل في جهة
د د . ومتى خرجت من العدسية انكسرت عن العمودي م د فلا تذهب في
جهة د ز بل في جهة د ر . فتكون نتيجة الانكسارين ان الشعاع تزيد انحرافا

(٢٨٠) الصور بالعدسية المزدوجة النعير * تظهر الصور
بالعدسية المزدوجة النعير اصغر من اشباحها وغير مقلوبة .
فاذا نظرت العين الكأس ا ب (الشكل ١٧٠) بعدسية مقعرة
رأيتا مقومة صغيرة مثل آ ب . اي ان هذه العدسية تعمل
بالانكسار على المراة المحدبة بالانعكاس . اما سبب صغر
الصورة عن الشئ فهو ان زاوية النظر تصغر بعد انكسار الاشعة

وانفراجها واما سبب بقائها على وضعها المقوم فهو ان الاشعة تنفذ العدسية ولا تتقاطع فلا تنقلب. وكل ذلك يتضح بامعان النظر في الشكل



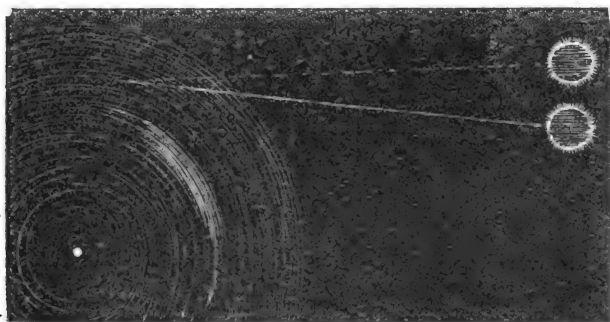
الشكل ١٧٠

(٢٨١) منافع العدسيات * أولاً انكسار الحرارة . فاذا وقعت اشعة الشمس على عدسية محدبة لم يجمع نورها فقط في بؤرتها الرئيسة بل حرارتها ايضاً ولذلك اذا وضعنا خشبة او جوخاً اسود او ما اشبه من المواد القابلة للاحتراق في تلك البؤرة احترقت . واذا كانت العدسية كبيرة فربما صهرت المعادن ايضاً . وكثيراً ما يتأتى عن العدسية ضرر بغير قصد كأن يكون في بيت زجاجة مستديرة مملوءة ماء فتقع اشعة الشمس عليها وتجمع كما تجتمع بعد نفوذها العدسية المحدبة فتحرق ما تجتمع عليه. فقد ذكر اكثر من مرة ان بعض الامتعة احترق من وقوع ضوء الشمس عليه بعد مروره في نارجلة من زجاج. وقد يحترق النبات بدهب ما يجمع عليه من الندى. فان الندى يجمع تظلاً مستديرة تضم ضوء الشمس كما تضم العدسية المحدبة. فاذا اشتد حرها احترقت

النبات اوبيسته

ثانياً المناثر. ومن منافع العدسيات استعمالها في المناثر لإرسال الضوء الى ابعاد شاسعة. وكانوا قديماً يوقدون الحطب في المناثر ليتهدي الملاحون. ثم استبدلوه بمصابيح الزيت يضعونها في البوثة الرئسة لمرآة مقعرة فتعكس نورها في شعاع متوازي الى بعد عظيم. ثم زادوا ذلك تحسيناً باستعمال النور الكهربائي في بؤرة عدسية كبيرة مفردة التحديق حولها عدسيات من البلور مفردة التحديق ايضاً وموضوعة بحيث تكون بؤرة العدسية بؤرة كلٍ منها فتبعث النور مسافات شاسعة وتدور فتبعثه الى جهات مخصوصة. وللعديسات منافع عديدة في الآلات البصرية سيأتي الكلام عليها في محله

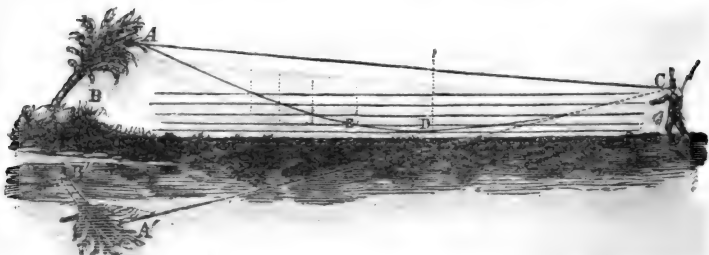
(٢٨٢) القمر والشفق * الفجر اضاءة المجد من الشرق قبل شروق الشمس والشفق اضاءته من الغرب بعد غروبها وكلاهما حاصل عن انكسار ضوء الشمس وانعكاسه في الهواء من طبقة الى اخرى. فلولا الهواء لاستولى الظلام



الشكل ١٧١

حال غروب الشمس ولم نعلم بتقدم الصباح الا حال شروقها * ولما كان نور الشمس يتكثّر في نفوذه الهواء يظهر انه اثر من مصدر اعلى من مصدره ولذلك نرى الشمس تشرق قبل شروقها وتغرب بعد غروبها كما يتضح من الشكل ١٧١

(٢٨٢) السراب * السراب ظاهرة هوائية بها يرى الانسان للشباج صوراً مقلوبة في الارض كأنها منعكسة عن الماء وللمن البعيدة صوراً مقلوبة في الهواء او مقومة وقد يكون سبب عناء عظيم لجانب المنازل والبنايا الحارة في مصر وسورية وغيرها . لانه اذا رآه عن بعد وقد اشتد به الظمأ توجهه ماء فيطلبه ليروي به ظمأه فاذا بلغ المكان الذي رآه فيه وجده قد تباعد عنه وبص امامه على وجه الرمال ولذلك قال الشاعر "ولا تبغ السراب من السراب". وسببه^(١) انكسار اشعة النور وانعكاسها عن الهواء فانه متى اشتد الحر على الرمال سخن الهواء المباشر لما اكثر ما سخن الهواء الذي فوقه فيتلطف



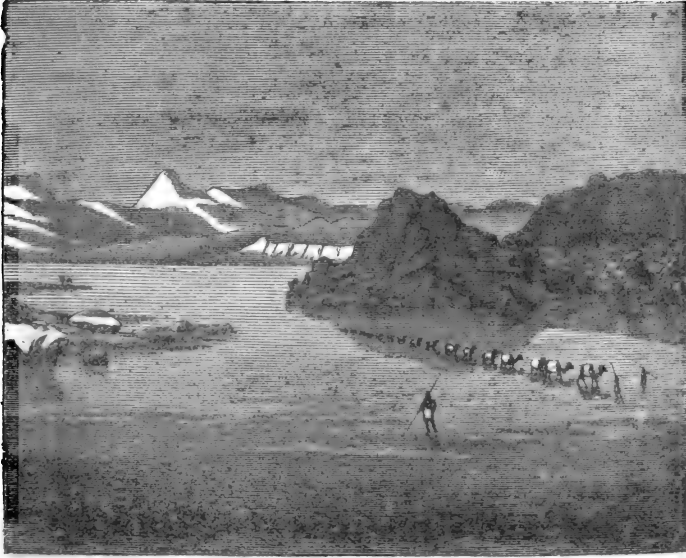
الشكل ١٧٢

ويبقى ما فوقه اكثف منه . فاذا وقف رجل (الشكل ١٧٢) ينظر الى اشجار امامه عند اشتداد حر النهار على ما ذكر فلا يخفى انه يراها باسعة النور المنكسرة عنها الى عينه . فعند مرور هذه الاشعة A في الهواء تمر في طبقات متباينة الكثافة من فوق فنارلاً فتتكسر عن العمودي وتغني شيئاً فشيئاً حتى تلاقى طبقة من طبقات الهواء D مائلة عليها ميلاً عظيماً فلا تنفذها بل تنكسر عنها كما مر في الانكسار الكلي (عد ٢٧١) . ومتى انعكست تنفذ من طبقة الى اكثف منها حتى تصل اخيراً الى العين فيرى الناظر صورة الاشجار في جهة A D اي

(١) ان السراب كان معروفاً منذ زمان طويل ولكن سببه لم يعرف حتى بينت العلامة

منع الفرنسيون حينما اتى بلاد مصر مع بونبارت

مقلوبة كأنها منعكسة عن الماء وقس على ما نلقم بقية ظواهر السراب . ترى في
الشكل ١٢٣ صورة سراب شوهد في بلاد الحبش

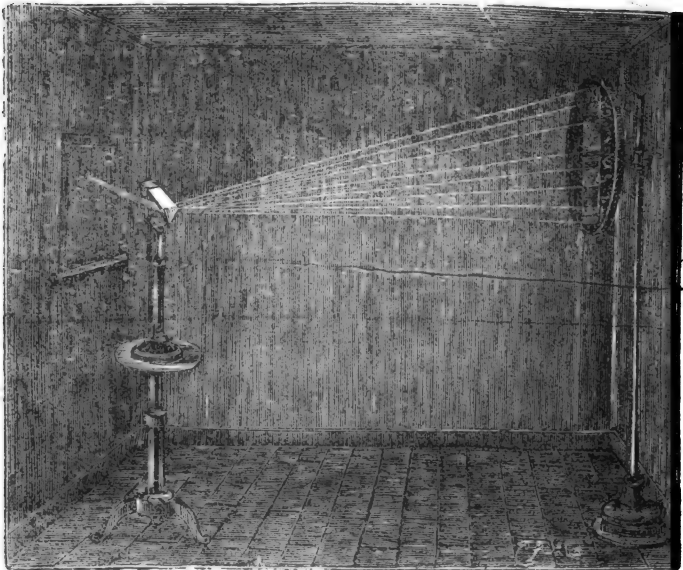


الشكل ١٢٣

الفصل الرابع

في انحلال النور

(٢٨٤) الطيفُ الشمسيُّ * لون ضوء الشمس ابيض فاذا وقع على منشور او عدسية ونفذ فلا ينكسر فقط عن استقامته كما مرّ بل ينحلُّ ايضاً الى اضاءة متعددة مختلفة الالوان متفرقة بعضها عن بعض . وهذا هو انحلال النور .



الشكل ١٧٤

ولبيان ذلك أدخل حبلًا من ضوء الشمس من خرق في الحائط الى غرفة

مظلة والنو على منشور (الشكل ١٧٤) ثم استقبله بعد نفوذه المنشور بقرطاس
او ما اشبه فجدد مولفاً من سبعة اضواء ملونة بالوان قوس قزح وهي البنفسجي
فالنيلي فالازرق فالاخضر فالاصفر فالبرتقالي فالاحمر بحسب ترتيبها في
الطيف ، فالبنفسجي ينكسر في نفوذه المنشور اكثر منها كلها والاحمر اقل منها .
وقد نظمها المعلم اسعد الشدودي بحسب انكسارها في الايات الآتية

الوان طيف الشمس سبعة يرى ترتيبها فيه كما سيذكر
بنفسجي ثم نيلي يلي الازرق يلي ثم الاخضر
واصفر وبرتقالي كنا وفي ختام الكل يأتي الاحمر .

واعلم ان كل لون من هذه الالوان السبعة بسيط اي لا يخل الى اللون
اخرى كما يخل النور الابيض . ودليل ذلك انك اذا حلت نور الشمس في
المنشور ثم التفت النور الاصفر من الانوار السبعة مثلاً على منشور آخر فانه ينكسر
فيه ولكن لا يخل بل يبقى لونه اصفر كما كان . ولهذا تسمى هذه الالوان السبعة
الالوان البسيطة او الاصلية^(١) وقال قوم من الطبيعيين ان هذه الالوان للنور
تحصل من اختلاف عدد الامواج لتموج الاثير . فانه متى هز الجسم المثير الاثير
تموج وكلما زاد عدد امواجه قرب لونه من البنفسجي وكلما قل عدد امواجه قرب من
الاحمر . فعدد امواج اللون الاحمر ٤٥٨ الف الف الف موجة في الثانية
وعدد امواج البنفسجي ٧٢٧ الف الف الف موجة في الثانية على ما حسبته
العلامة افرستل

(٢٨٥) اشعة النور والحرارة والاشعة الكيماوية في الطيف *

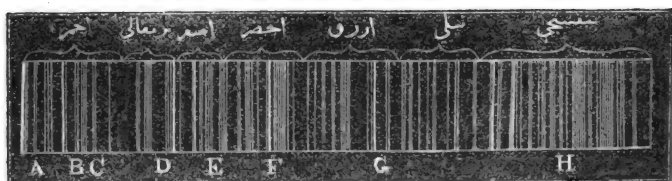
(١) قال ابروسنر واتباعه ان ثلاثة من هذه الالوان بسيطة وهي الاحمر والاصفر
والازرق والبنية مركبة منها . وانكر ذلك غيرهم ولكنهم وافقهم على انه يمكن تركيب بقية
الالوان من هذه الثلاثة . وقال يوحنا هرشل بلون ثامن بسيط وراء الاحمر وآخر وراء
البنفسجي وقال آخرون انها عشرة . والمحقق عليه عند الجمهور انها سبعة كما ذكرنا .

اشعة الطيف الشمسي على ثلاثة انواع اشعة نور وهي التي تحل
الى الالوان السبعة كما ذكر . واشعة حرارة وهي متوزعة بين
اشعة النور واكثرها تحت الاحمر واشعة كباوية وهي متوزعة بين
اشعة النور والحرارة واكثرها فوق البنفسجي

اما اشعة النور الشمسي فمنها الضوء واشد ما ضياء الاصفر والاخضر ولذلك
اذا وضع كتاب في واحد منها بانث كتابته اوضح ما تبين في غيره . واما اشعة
الحرارة فمنها الحر والدفع ويعرف توزعها بالثرمو متر فاذا وضعنا الثرمومتر
في اللون البنفسجي ثم مررنا به على بقية الالوان رأينا ان يرتفع من تزايد الحرارة
حتى يرتفع اعظم ارتفاعه في فحة مظلة وراء الاحمر بقليل . واما الاشعة الكباوية
فهي التي تغير الوان الاجسام . فالثياب تنفض (تجرد) شيئا فشيئا اذا اصابتها
نور الشمس من الاشعة الكباوية التي في بعض الاجسام يسود لونها في
الشمس منها ايضا . فاذا اخذنا ورقة مبتلة بماء النضة وامررناها على الطيف
مبتدئين من الاحمر رأيناها تسود . وزداد اسودادا كلما قربت من البنفسجي
حتى تبلغ اعظم اسودادها متى وصلت الى فحة مظلة وراءه . وبالاجمال يقال
ان ضياء الطيف في الاصفر وحرارته في الاحمر وفعله الكباوي في البنفسجي .
وعلى ذلك يسرع نمو النبات اذا جاءه النور من زجاج ازرق ويدفأ الانسان
اذا جاءه من زجاج احمر ويسلم الجندي من رصاص العدو اذا لبس ثيابا
زرقاء او رمادية اكثر من بلبس ثيابا صفراء او خضراء . وتصور الصورة
بالتونوغرافية ولو في الظلام اذا وقعت عليها الاشعة الكباوية . اما الانوار
الصناعية فتختلف فيها نسبة هذه الانواع الثلاثة

(٢٨٦) خطوط فرويهوفر * اذا دققنا النظر في الطيف

الشمسي رأينا أنه غير متصل اتصالاً تاماً بل تقطعه خطوط كثيرة سوداء عمودية عليه تسمى خطوط فرونفور وهو أول من درسها ووصفها ورسمها وسمى أشهرها بالثمانية الأحرف الأول من حروف الهجاء الرومانية

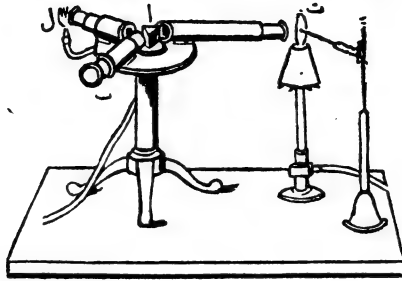


الشكل ١٧٥

نرى في الشكل ١٧٥ رسم الطيف الشمسي . فالخطوط البيضاء خطوط فرونفور والفجوات السوداء ألوان الطيف . وقد تخفوا أن هذه الخطوط تحدث من اشتعال الأجسام . فإذا اشعلنا جسماً ونظرنا إلى الطيف الذي يحدث من اشتعاله وجدناه بواقي خطأ منها كما يعرف بالسيكترسكوب

(٢٨٧) السيكترسكوب * السيكترسكوب هو المنظر الذي تُنظر به خطوط فرونفور في الطيف وهو على أشكال عديدة منها الشكل ١٧٦ ترى فيه ثلاثة منظرات مركبة معاً على قاعدة بحيث تلتقي محاورها في منشورينها ١ فيوضع الجسم المشتعل عند ت أمام منظر له شق في فوه يوسع ويضيق حسبما يرام . فيدخل شعاع الجسم المشتعل من هذا الشق إلى المنظر ثم يخرج منه ويقع على المنشور فينبذه ويحل إلى الطيف كما تقدم . فيضع الناظر عينه على المنظر ب ويرى الطيف أمامه وخطوط فرونفور مكبرة فيه فيقيس البعد بينهما بواسطة المنظر الثالث . وذلك لأن في هذا المنظر مقاييساً متساوية أقساماً عديدة

ومصوّراً على الزجاج . فاذا وُضع مصباح امامه وقعت صورة المقياس على



الشكل ١٧٦

المنشور وانعكست عنه الى عين الناظر فيقيس بها البعد بين خطوط فرونفور
ويعين اماكنها

وعلى ذلك وجدوا انه اذا وُضع في لمب ت قليل من معدن الصوديوم
ظهر في طيفه خط اصفر لامع يوافق الخط D من خطوط فرونفور في الطيف
الشمسي . واذا وُضع فيه قليل من معدن البوتاسيوم ظهر خط احمر يوافق A
من الطيف الشمسي وخط آخر في البنفسجي بقرب H . فمن مقابلة طيوف
الاجسام المشتعلة الارضية بخطوط فرونفور وغير ذلك تحققوا ان في الشمس
معادن وغازات كثيرة كالحديد والفضة والزنك والكلسيوم والصوديوم
والمغنسيوم والهيدروجين والاكسجين والنيروجين وغيرها . وعرفوا مواد نجوم
عديدة . والسيكترسكوب اعتبار عظيم عند علماء الهيئة والكيمياء واستعماله
كثير عند

(٢٨٨) تركيب الالوان السبعة * لما كان النور الابيض
ينحل الى الوان الطيف السبعة فهو مركب منها ولذلك اذا ركبناها
معاً تكون منها نور ابيض

وقد بين ذلك الفيلسوف الحق نيوتن بأنه مزج ثلثاً سبعة مساحيق ملوثة بالوان الطيف الشمسي فوجد ان لون المزيج اشبه اي ابيض مائل الى السواد . ودهن قرصاً مستديراً بالوان الطيف وجعل فتحة كل منها مناسبة لفوهات البقية وادار القرص سريعاً فرأى لونه ابيض . وما يستبين منه ذلك انه اذا ألقي الطيف على مرآة مقعرة او عدسية محدبة بحيث تنضم الوانه الى بعضها ظهر هناك نوره ابيض

(٢٨٩) الالوان الممتدة * اذا نزعنا لونا من الوان الطيف فمزج السنة الباقية يسمى متم ذلك اللون وبالعكس لان اللون الابيض يتم من مزجها معاً . واذا نزعنا لونين فمزجها متم مزج الباقي من الوان الطيف . وكذلك اذا نزعنا ثلاثة وهلم جرا . ثم ان الطبيعيين بامتحانات عديدة لمزج الوان الطيف عرفوا ان الابيض يتحصل ايضاً بمزج بعض الوان الطيف فقط وليس بضروري ان تجتمع كلها لتحصل اللون الابيض . فاذا مزج الازرق بالاصفر مثلاً ينتج ايضاً مزج ابيض فيحسب الازرق متم الاصفر . وكذلك اذا مزج الاحمر والاخضر والبنفسجي ينتج ايضاً ابيض . فأحد هذه الالوان الثلاثة متم للآخرين الباقيين . وبما انه من اختلاف مزج هذه الالوان الثلاثة يتحصل اي لون كان سميت الالوان الاساسية . ويجب على المصورين وجامعي الازهار ان يتنبهوا الالوان الممتدة للابيض لان مجاورتها بعضها لبعض هي

الاجل للنظر

لكن يجب ان يميز بين الالوان الطبيعية والوان الصباغات
فمزج صباغ الاصفر وصباغ الازرق ينتج عنه اخضر وليس ابيض
كما اذا مزج ازرق واصفر الطيف . وسبب ذلك انه في مزج
الصباغات نحصل على المحذف لا الاضافة . لانه في المزج يكاد
صباغ الازرق يمتص كل نور الاصفر والاحمر وصباغ الاصفر
يتمص نور الازرق والبنفسجي حتى يبقى الاخضر فقط

(٢٩٠) لون المرئيات * ليس للمرئيات لون في ذاتها بل
لونها من النور الذي ينعكس عنها فانها تحل النور الذي يقع
عليها ثم تعكس اللون الذي تظهر به وتمص البقية ولذلك اذا
انقطع النور عنها لم يبق لها لون . فكما اشد حلك الظلام
خفيت الوان الاجسام ولم يعد الناظر يميز الفرق بين الاصفر
ولا الاخضر ولا غيرها

فكل جسم يكتسب لونه من الضوء الذي ينعكس عنه فاذا كان ذلك
الجسم يعكس الوان الطيف السبعة كان لونه ابيض واذا كان يمتص ستة الوان
ويعكس الازرق الى العين كان لونه ازرق . اذا الصوف الاسود يمتص كل
الالوان فالسواد ليس لونا بل عدم اللون . والاجسام الملونة بالوان مركبة من
الالوان البسيطة تمكس اكثر من لون واحد فاحضراء تعكس الاصفر والازرق .
فاذا كان اخضرارها مائلا الى الصفرة عكست الاصفر اكثر من الازرق واذا

كان مائلاً الى الزرقه فالازرق اكثر
واعلم ان الاجسام الشفافة تحمل النور بنفوذهِ فيها وتتلون باللون الذي
ينفذها اسهل مما سواه . فالهواء يتلون بالزرقه لان اللون الطيف الشمسي
لا تنفذ كلها بالعواء بل الازرق ينفذ اسهل من غيره^(١) . (اولان دقائق
الهواء تعكس الازرق وتمتص غيره)

(٢٩١) تعارض النور * خذ عدسية مفردة التحديق
وضعها على سطح مستوي من الزجاج كما ترى في الشكل ١٧٨ بحيث
يمسها بمحدها . واحسب نقطة الماسة مركزاً وتوهم دوائر مرسومة
حولها فيكون بعد العدسية عن السطح المستوي متساوياً في كل
دائرة من الدوائر سواء كان من اليمين او من اليسار او من بقية
الجهات . وكلما بعدت الدائرة عن المركز زاد البعد بين العدسية
والسطح المستوي . ثم ادخل شعاعاً من النور الاحمر حتى يقع على
سطح الزجاج فتري في المركز نقطة سوداء وحولها دائرة حمراء .
وحول الدائرة الحمراء حلقة سوداء حولها دائرة اخرى حمراء .
وحول هذه حلقة ثانية سوداء حولها دائرة ثالثة حمراء وهكذا الى
النهاية ونسب هذه الدوائر خلفات نيوتن . ثم قس البعد بين السطح

(١) كل الاجسام بها كان لونها تعكس اللون الابيض عن سطوحها الظاهرة اذا
وقع عليها النور الابيض . واما الوانها الخاصة فتحصل من نفوذ النور بين دقائقها الى
عقده ما ثم انعكاس تلك الالوان من ذاك العقده



الشكل ١٢٨

المستوي ومحدّب العدسيّة عند كل
دائرة من الدوائر الحمراء فتجد أنّه اذا
كان البعد بينهم عند الدائرة الاولى ١ يكون عند الثانية ٢ وعند
الثالثة ٣ وهلمّ جراً

ويتضح سبب ذلك اذا فرض ان النور يحدث من موجّ دقائق الاثير .
لانه متى وقع النور الاحمر على سطح الزجاج كما تقدّم ينعكس بعض الاشعة عنه
وبعضها عن محدّب العدسيّة . وقد فرضنا ان هذه الاشعة امواج الاثير فان كان
البعد بين السطح المستوي ومحدّب العدسيّة اقلّ من طول موجة من الاثير
تعارض الامواج المنعكسة عن احدها الامواج المنعكسة عن الآخر (عد ١٥٤)
فتطفي بعضها بعضاً وتحدث ظلاماً . وهكذا ايضاً ان كان البعد بين السطح
المستوي ومحدّب العدسيّة اكثر من طول الموجة او الموجتين الخ بكسر فتحدث
من هذه المعارضة الخلقات السوداء المذكورة آنفاً . واما ان كان البعد بينها
طول موجة او موجتين او ثلاث او عدد آخر صحيح فتلافي الامواج المنعكسة عن
السطحين بعضها بعضاً وتجميع فتحدث نوراً اشدّ من نور الموجة الواحدة . ومن
هنا النور الدوائر الحمراء . ولما كان بعد السطح المستوي عن محدّب العدسيّة
عند الدائرة الاولى الحمراء يساوي طول موجة من امواج النور الاحمر فاذا
قسنا هذا البعد بالتدقيق عرفنا منه طول موجة من النور الاحمر

واذا ادخلنا عوضاً عن الاحمر نوراً اصفر او اخضر او غيرها من الانوار
البسيطة الالوان حدثت دوائر صفراء واخضراء عوضاً عن الدوائر الحمراء المارّة
ذكرها ولكنّها تكون متفاوتة الاقطار بعضها كبير وبعضها صغير . وقد وجدوا
ان الدوائر الحمراء اكبر الجميع والدوائر البنفسجية اصغر . ولذلك تكون
الامواج الحمراء اطول الجميع والبنفسجية اقصرها وامواج ما بينها متوسطة بينها

في الطول حسب ترتيبها. ويُعرف طول موجة كل منها بقياس البعد بين
المسطح المستوي ومحدّب العدسية عند الدائرة الاولى الملونة كما في موجة اللون
الاحمر

(٢٩٢) طول امواج النور * ان قصر امواج النور غريب
فقد حسبوا ان نحو اربعين الف موجة من الاحمر لا يزيد طولها
عن فيراط وكذلك نحو ستين الف موجة من البنفسجي. ثم ان
سرعة النور في الثانية ١٩٢٠٠٠ ميل نضربها في ١٢٨٥٢٨٠
فتصير قراريط. ثم نضربها في نحو ٤٠٠٠٠ فيكون الحاصل عدد
امواج اللون الاحمر التي تدخل العين في الثانية وهو ٤٥٨ الف
الف الف موجة. وعلى ما تقدم نستعلم عدد امواج اللون
البنفسجي التي تدخل العين في الثانية وهو ٧٢٧ الف الف الف
الف موجة كما سبق فسيحان من بقدرته واسع علمه يحد جميع
الاشياء من اصغرها الى اعظمها

(٢٩٣) الزان عنق الحام * هو تعدد الالوان وتغيرها بتغير موقع الناظر

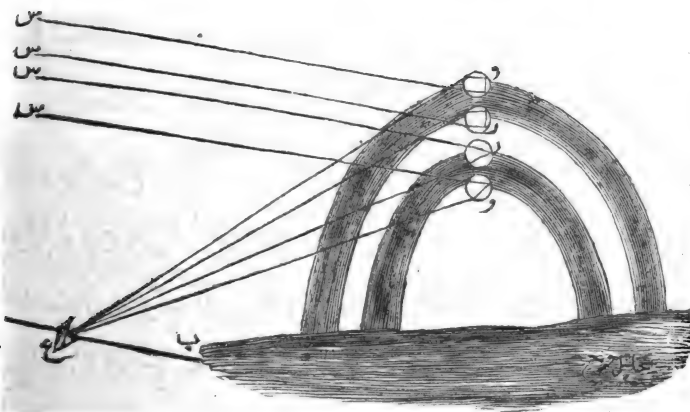
كما ترى في عرق اللؤلؤ وغيره من الصدف البراق. وسبب ان هذا الصدف
مؤلف من صنائع رقيقة جدا متراكب بعضها على بعض بحيث تنصرف قليلا حافة
ما فوق عن حافة ما تحته فيحصل من ذلك بين حافاتها خطوط عديدة متفاربة
جدا. وعند وقوع النور عليها تعارض اشعة بين هذه الخطوط فتعطل وتبدى
الوانها الباهية وبينها النعيمات السوداء كما تقدم في تعارض النور. وتظهر هذه
الالوان على كل ما كان مخططا من المسطوح خطوطا كثيرة متفاربة كعرق

اللولؤ. وقد حسبوا انه اذا خُطَّ على سطح الناقط في فمحة كل قيراط مربع منه بدت عليه الالوان المذكورة ولذلك يخططون طابعاً من الفولاذ من الفين الى عشرة آلاف خط في القيراط ثم يطبعون به الحلي كالازرة الذهبية ونحوهما فتظهر ملونة بهذه الالوان ولذلك ايضاً يظهر ريش الطاووس وعنق الحمام واجنحة الذباب ونحوهما ملونة بها . ولو ضوحها في عنق الحمام سميت بالاضافة اليه . ومثل عرق اللؤلؤ كل ما كان ذا صفائح رقيقة جداً لا يزيد سمكها عن جزء من مليون من القيراط كصفائح الهواء الرقيقة التي بين شقوق الزجاج والمحويد وكالزبد الذي يطنو على وجه الماء الراكد والزيت على وجه الماء والكحول على الزجاج وفناقع الصابون . فان الوانها الباهية تحدث من غشاء رقيق من الماء يثلف بعض الهواء فتمت اصابته اشعة النور تعارضت وابتد الواناً مضبوطة بينها فصحامت مظلمة واضحة

(٢٩٤) تشرف النور * اذا وضعت ابرة تجاه عينك ثم تطلعت الى السماء من شباك رأيت امامك عدة ابر. واذا وضعت نصلي سكينين الواحد بلبق الآخر ونظرت من خلالهما الى الجوّ رأيت خطوطاً على غاية الجمال في ما بينها . واذا نظرت الى الجوّ من وراء برقع او الى الضوء من وراء ريشة او من شق ضيق في ورقة او من وراء اهداب عينك رأيت له الواناً باهية . فهذه كلها تحدث من تشرف النور * وسبب هذا التشرف هو انه اذا وقعت امواج الاثير على حافة الازرة او النصل او غيرها هزّت دقائق الاثير التي بجانبها فتعارض اهتزازات الاثير الواحد اهتزازات الاثير الآخر . فيحدث من تعارضها ما يشبه الشرفات او الطرر

الملونة على الاجسام . ومن ذلك الاصطلاح على تسمية هذا
التعارض بتشرف النور

(٢٩٥) قوس قزح * قوس قزح منطقة مستديرة ملونة
بالوان الطيف الشمسي من الاحمر الى البنفسجي تنتصب في السماء
مقابل الشمس عند وقوع المطر . وسببها انكسار ضوء الشمس
الايض وانعكاسه عن نقط المطر فينحل الى الوان السبعة .
وكثيرا ما يرى قوسان معا احدهما واضحة وهي اللاخية وتسمى
القوس الاصلية والاخرى اخفى منها وهي الخارجية وتسمى القوس
الفرعية وتخالف الاصلية في موقع الوانها فالاحمر في الاصلية فوق
البقية وفي الفرعية تحنها



الشكل ١٧١

(٢٩٦) القوس الاصلية * تحدث القوس الاصلية من انعكاس النور عن

داخل نقطة المطر انعكاسة واحدة فقط. فاذا فرضت الشمس في جهة س س' س' (الشكل ٢٧٩) فعند ما تصيب شعاعها س' راس نقطة المطر ر ينعكس بعضها عنه وينفذ البعض الآخر فيها . وهذا النافذ ينكسر الى جهة العمودي ويبقى سائرا نحو اسفل النقطة حتى ينعكس عن جانبها المقابل ثم يخرج منها وينكسر الى ما فوق اسفلها . فبانكساره هـا يغفل فتبدو الوانه متفرقة كما تبدو الوان الطيف الشمسي . ثم لنفرض ان عين الناظر ع موضوعة بحيث تلاقي الشعاع المخبر من نقطة فلا ترى الا اللون الاحمر من الوان تلك النقطة لان البقية تكون اعلى منه اذ هي اكثر منه انكسارا (عد ٢٨٤) . واما اللون البنفسجي فتراه العين في نقطة اسفل منها و . واما بقية الالوان فتراها في نقطتين بين تلك النقطتين

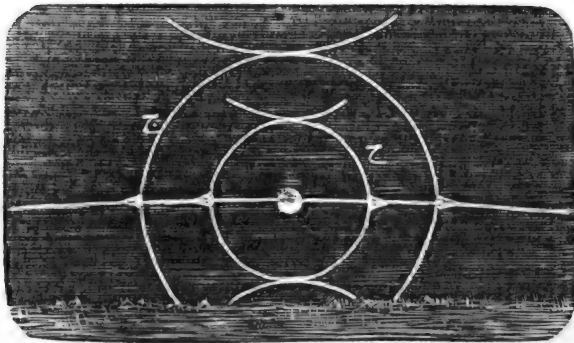
(٢٩٢) القوس الفرعية * تحدث القوس الفرعية من انعكاس الاشعة عن داخل نقط المطر انعكاستين كما ترى في ر و و في الشكل المتقدم . وذلك بان تقع الاشعة على اسفل النقطة فتنفذ فيها منكسرة الى الاعلى حتى تلاقي سطحها المقابل فتنعكس عنه الى فوق ثم تنعكس مرة ثانية عن اعلاه وترجع فتخرج من النقطة وتنكسر الى الاسفل حتى تلاقي عين الناظر ع . وعلى ما تقدم ترى العين اللون البنفسجي في النقطة و واللون الاحمر في النقطة ر وبقية الالوان في ما بينها من النقط * ويتضح ما تقدم سبب ظهور البنفسجي فوق الاحمر في القوس الفرعية بخلاف ما في القوس الاصلية . لانه في القوس الفرعية تنكسر الاشعة الى الاسفل بعد خروجها من النقط فالبنفسجي لما كان اكثر الالوان انكسارا فشعاعه لا تلاقي العين ما لم تأت من نقطة اعلى من نقط بقية الالوان فيظهر فوق بقية الالوان (١)

(١) قد تظهر قوس ثالثة في جهة الشمس من الناظر . وقد تظهر اقواس خفية داخل القوس الاصلية اضربنا عن ذكرها وتبين اسبابها لعدم احتمال هذا المخلص لذلك

(٢٩٨) سبب استدارة قوس قزح * يظهر بالحساب ان الاشعة المحمراء
 متى نفذت نط المطر في القوس الاصلية تجعل مع اشعة الشمس زاوية ٤٢° تقريباً
 اي انه لو أخرجت الشعاع من ر على استقامتها وأخرجت الشعاع الآتية من
 ر الى ع على استقامتها حتى تلقيا لكانت الزاوية التي تتكون من ملتقاهما نحو ٤٢°
 ويظهر ان الزاوية التي تجعلها الشعاع البنفسجية مع شعاع من الشمس نحو ٤٠°
 وهاتان الزاويتان لا تتغيران البتة . فلو رسمنا خطاً ب ا ب من عين الناظر الى
 الشمس واخرجناه من الطرف ب على استقامته لمر في مركز الدائرة التي تحسب
 قوس قزح قوساً منها . ولذلك يسمى محور القوسين . وهو مواز لاشعة الشمس
 دائماً فاذا كانت الشمس في الافق كانت اشعتها ومحور القوسين موازية للافق
 فيكون مركز قوس قزح في الافق وتكون النوس نصف دائرة . ولنرض اننا
 ادرنا الشعاع ع و حول محور القوسين ب ع بحيث تبقى الزاوية ع ب على
 حالها غير متغيرة فالنقطة و ترسم في الجوّ دائرة . وكل نقطة تقع في هذه الدائرة
 من نط المطر تكون واقعة على الزاوية المطلوبة لوصول الاشعة البنفسجية منها
 الى العين ولا تصل هذه الاشعة الى العين من نط ليست في تلك الدائرة .
 وكذلك اذا ادرنا الشعاع ر ع حول ب ع رسمت النقطة ر في الجوّ دائرة
 تصل منها الاشعة الحمراء الى العين وقس بقية الالوان على ما تقدم . فلنا من
 ذلك أولاً . ان قوس قزح يلزم ان تكون مستديرة وهو ما اردنا بيانه . وثانياً
 انه كلما ارتفعت الشمس في السماء انخفضت القوس نحو الافق وصغر الظاهر
 منها . وبالعكس كلما هبطت الشمس . وثالثاً انه قد يمكن ان ترى قوس قزح
 دائرة تامة عن رؤوس الجبال الشامخة

(٢٩٩) المالة * المالة دائرة القمر وتطلق هنا على دائرة الشمس ايضاً وهي
 حلقة مستديرة حافتها الداخلية محبرة اللون وخارجها مبيضة وقطرها من
 الوسط نحو ٢٢° . وهي لا تظهر الا اذا كان حول الشمس او القمر غيوم رقيقة
 لجهة اللون يظن انها مؤلفة من بلورات جليدية عائمة في الجوّ متعددة الاشكال

ابسطها شكل منشور مقطوع الزوايا بحيث يصير ذا خمسة اضلاع . وسببها
انكسار النور في هذه المناشير . ترى في الشكل ١٨٠ صورة هالة ح نصف قطرها
٢٣° من الوسط وأخرى ج نصف قطرها ٤٦° وهرّ فيها دائرة تسمى دائرة
الشمس الكاذبة ويتكوّن من الثنائيات تلك الدائرة نقط بيض مشرقة تسمى
الشموس الكاذبة . وإذا كانت الهالة حول القمر سميت الدائرة دائرة القمر
الكاذبة والنقط الاقار الكاذبة . والمعتاد ان هذه تظهر في الاعراض العليا



الشكل ١٨٠

الفصل الخامس

في استقطاب النور

(٢٠٠) استقطاب النور * لو أمكن للناظر ان ينظر الى



الشكل ١٨١

طرف شعاعٍ من النور كما ينظر الى طرف العصا
لكان يرى دقات الاثير تتوج في جهة كل اقطار
الدائرة التي تتكوّن من طرف الشعاع (الشكل

١٨١) معارضة في جهة تتوجّها لجهة الشعاع في سيرها

فاذا حللنا جهة كل قطر من تلك الاقطار الى جهتين
احداها عمودية على الاخرى كما مر معنا في حلّ القوات (عد ٧٨)
كان الخارج من حلها كلها جهتين احداها عمودية على الاخرى

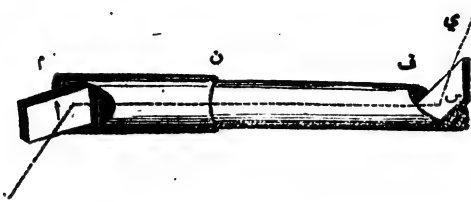


الشكل ١٨٢

كما نرى في الشكل ١٨٢ . فاذا امتصّت امواج جهة من هاتين
الجهتين امتصاصاً كلياً او جزئياً وبقي نور امواج الجهة الاخرى

على حاله بطريقة من الطرق شتى هذا النور النور المستقطب .
وللاستقطاب طرق شتى كما سنرى

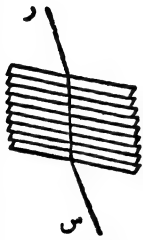
(٢٠١) الاستقطاب بالانعكاس * ادخل انبوبة ف ن (الشكل ١٨٣)
بمح ث تدور في انبوبة أخرى م ن وركب على فوهتها قطعتين من الزجاج



الشكل ١٨٣

الملون ا وس بمنصلات حتى نعال كل منها على محور الانبوتين بقدر ما يراد .
فاذا اأملنا كلاً منها حتى بصير ما بينها وبين محور الانبوتين ٢٣ درجة ثم
وضعنا مصباحاً نجاء ا بحيث ان الاشعة الواقعة منه عليها تميل عليها ٥٧ درجة
فهذه الاشعة تنعكس عن ا وتقع على س مارة في الانبوبة م ن ف وحينئذ اذا
كان سطح وقوع الاشعة على س وهو ا س ي مطابقاً لسطح وقوعها على ا وهو
راس انعكست عن س مشرقة كثافتها كحبل من النور الاعنادي . ثم اذا
أدير ت ن ف اخذت كثافة الاشعة في التناقص حتى اذا صار سطح وقوع
الاشعة على س عمودياً على سطح وقوعها على ا كما ترى في الشكل بلغ التناقص
غاية وقل اشراق الاشعة او ثلاثى . واذا أدير ت ن ف ايضاً تزايد الاشراق
حتى يبلغ غاية عند دوران س نصف دائرة وتناقص حتى يبلغ غاية عند
رجوعها الى ما كانت عليه اولاً . ونسى هذه الآلة الهولارسكوب ويسى ا
المستقطب وس المحلل والنور المنعكس عن انوراً مستقطباً
وينضح لتليل هلا الاستقطاب كما يأتي لنفرض ان دقائق الاثير في الشعاع

الوافقة على المستقطب ا نتموج في دائرة افقية وفي دائرة سمتية عمودية عليها (عد ٢٠٠) فاذا كان سطح الوقوع على افقيا ا بطل التموجات الافقية من الشعاع واطناً نورها واما التموجات السمتية فتبقى على حالها . ثم اذا كان سطح الوقوع على المثل من مطابقاً لسطح الوقوع على ا لم يقلل كثافة الشعاع لانه لا يطفى الا ما اطفاه ا قبله . واما اذا ادير من حتى صار سطح الوقوع عليه عمودياً على سطح الوقوع على ا فبطل التموجات السمتية ايضا من الشعاع ويطفى ما بقي من نورها . هذا اذا كان ا وس مستطيين تامين والا يطننا بعض نور الشعاع ويترك بعضه على ما هو . وكلما يقال في تعليل باقي ما تقدم * هذا ولا بد للنور ان يستقطب كلياً او جزئياً بعد انعكاسه . ويكون استقطابه بعد انعكاسه عن الزجاج على ا ن هو اذا كانت زاوية ميله عليه ٥٧° ولا يستقطب الا قليلاً بعد انعكاسه عن المعادن



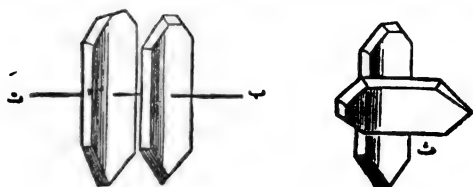
الشكل ١٨٢

(٢٠٢) الاستقطاب بالانعكاس * اذا نُضد ٢٠ لوحاً من الزجاج نُضداً واحداً (الشكل ١٨٣) ونزلت عليه الاشعة من ر فلا تنفذ الى س الا وقد استقطبت كما يستقطب النور المنعكس . غير ان اماكن الكثافة في نورها تكون بعكس ما تكون في النور المنعكس فحينما كانت الكثافة في هذا على اقلها كانت في ذاك على اعظمها . وتعليله : ان كل

سطح من سطوح هذا النضد يعكس بعض النور حتى تبطل اخيراً من الشعاع المنعكسة كل الامواج التي تنموج في سطح الوقوع وتبقى كل الامواج التي تنموج في سطح عمودي على سطح الوقوع بعكس الشعاع التي تنفذ النضد فان هذه تبطل امواجها التي تنموج في سطح عمودي على سطح الوقوع وتبقى المتموجة في سطح الوقوع . فيكون استقطابها في سطح عمودي على استقطاب الشعاع المنعكسة (٢٠٢) الاستقطاب بالامتصاص * ضع بلورة من الترملين ب (الشكل

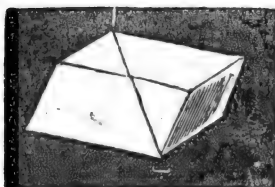
١٨٤) على موازاة اخرى ت بحيث يوافق محور احدها محور الاخرى فالشعاع

التي تقع على احدها تمتص امواجها العمودية على محور البلورة وتنفذ امواجها الموازية للمحور منها ومن البلورة الاخرى. فيستقطب النور بالواحدة كما يستقطب



الشكل ١٨٤

بالتنين . ثم ضع احدها عمودية على الاخرى كما ترى عند ث فالامواج التي تنفذ الواحدة تمتصها الاخرى فتطفي الشعاع . ولذلك تصلح هاتان البلورانان لاستقطاب النور وتحليله فيعرف اذا كان مستقطباً او غير مستقطب



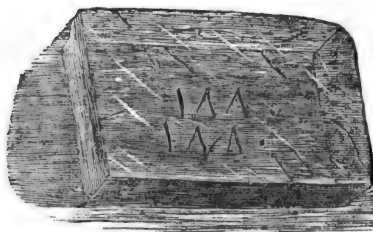
الشكل ١٨٥

(٣٠٤) الاستقطاب بالانكسار المزدوج *

اذا مرّت شعاع نور من بلورة من بلورات الحجر الأيسلندي ولم تكن موازية لمحورها ب (الشكل ١٨٥) انفلتت فيها الى اثنتين

احدها خاضعة لنواميس الانكسار ونسي

الاعتيادية والاخرى غير خاضعة لبعضها ونسي غير الاعتيادية . ولذلك اذا نظرنا شيئاً بهذه البلورة رأيناهُ مزدوجاً ما لم يكن في جهة توازي محورها . واذا وضعناها على نقطة ثم ادراناها شيئاً فشيئاً رأينا النقطة نقطتين احدها تدور



الشكل ١٨٦

حول الاخرى . واذا وضعناها على ارقام رأيناها مزدوجة كما ترى في الشكل ١٨٦ . فهذا هو الانكسار المزدوج ثم ان كلاً من الشعاعين الاعتيادية وغير الاعتيادية مستقطبة لان امواجها تتوج في

جهة واحدة فقط الآن امواج الواحدة عمودية على امواج الاخرى . هلا وينكسر النور انكساراً مزدوجاً في كثير من الاجسام الشفافة ويمكن ان يصنع الزجاج بالاحياء والضغط حتى يكسر النور كذلك . ولاستقطاب اشكال شتى عدلنا عن ذكرها لضيق المقام

(٢٠٥) منشور نيكل * هو آلة مصنوعة من الحجر الاسلندي بها ينكسر النور انكساراً مزدوجاً فيقطع الشعاع الاعيادية عن النظر ويظهر غير الاعيادية . ولذلك نرى في الصورة غير الاعيادية فقط من صورتين اللتين يظهر الشبح بها

(٢٠٦) منافع النور المستقطب * اعظم مانع يمنعنا من رؤية الاشباح التي تحت سطح الماء انعكاس الاشعة عنه الى عيوننا . فاذا استعمل منشور نيكل في نظارة مائية فقد يقطع القسم المستقطب من النور المنعكس عن الماء ويؤذن برؤية ما تحته من الاشباح الى عمق عظيم . وبذلك يحسن الصيادون ايضاً طعن الاسماك بالحرايب . ومن منافع ان المصورين الذين ينتفون رؤية الصور والنقوش قد يمنهم لمعانها من ذلك فاذا نظروها بمنشور نيكل رأوها واضحة . ومنفعة عظيمة في الابحاث الميكروسكوبية وفي الكيمياء وعلم الهيئة والجو وأكثر العلوم الطبيعية . قبل ان الكيمييين يكتشفون في جزء من ثلاثة عشر الف جزء من كرام من الصودا اذا وجدت في جسم آخر ويميزونها عن البوتاسا وغيرها من القلويات . والفلكيون يعرفون بان السيارات تضيء بنور الشمس والثوابت بنورها . والنسولوجيون وغيرهم يفتحصون في البلورات التي في جسد الانسان وغيره من الكائنات الحية فيعرفون مادتها من نورها المستقطب . فبلورات سكر العنب مثلاً تحرف سطح الاستقطاب الى اليمين وبلورات سكر الاتمار تحرفه الى اليسار وعلى ذلك تستعمل دولة فرنسا آلة مستقطبة لمعرفة نوع السكر الوارد الى بلادها . وقس على ما ذكر فوائده عديدة لم نذكر

الفصل السادس

في الخطاء الكروي والخطاء اللوني

(٣٠٧) الخطاء الكروي * ان العدسات لا تؤدي الى العين صورة جلية لسببين الاول الخطاء الكروي والثاني الخطاء اللوني فالخطاء الكروي هو كون العدسية لا تجمع كل الاشعة الى بؤرة واحدة لان الاشعة التي تقع على حافتها تنكسر اكثر من التي تقع على وسطها. ولذلك تجمع في بؤرة اقرب اليها من البؤرة التي تجمع فيها الاشعة المنكسرة في الوسط. فلا تظهر صورة المرئي واضحة في كل اقسامها. ويصلح هذا الخطاء بأن يوضع على حافتها جسم ظليل لا ينفذ النور ويترك وسطها مكشوفاً حتى تنفذ الاشعة المركزية فقط. ولما كان هذا الخطاء يحصل من زيادة انكسار النور على حافات العدسية وقلته في وسطها يمكن التخلص منه ايضاً بجعل وسط العدسية كثير التحدّب وتقليل هذا التحدّب شيئاً فشيئاً من الوسط الى الحافات فيتساوى مقدار انكسار الاشعة في كل قسم من العدسية

(٣٠٨) الخطاء اللوني * هو كون العدسية تري المرئي ملوّناً

من حواشيه بالوان قوس قزح فتقل وضوحه وتعب الباصرة .
 وسببه تفاوت الوان النور في الانكسار فالاشعة البنفسجية أكثر
 الاشعة انكساراً ولذلك تجتمع في بؤرة قريبة من العدسية واما
 البواقي فتجتمع في بؤرات ابعد منها عنها بحسب قلة انكسارها .
 فتبدو الالوان كما تبدو بالمنشور ولذلك يحصل الخطاء اللوني
 ولو أصلح الخطاء الكروي . ويصلح الخطاء اللوني بوضع عدسية
 اخرى مع الاولى اضعف منها على تكسير النور ولكن اقوى منها
 على تفريق الوانه . فتفرق الالوان خلاف ما تفرقها العدسية
 وبذلك تردّها الى لونها الابيض وتبقى الاشعة منكسرة بعض
 الانكسار لتكبير الاشباح اولتقريبها كما سيأتي

ضع عدسية مزدوجة التحديق من الزجاج الاكيلي في عدسية مزدوجة
 التقدير من الزجاج الصواني . فالزجاج الصواني اقوى على تفريق الوان الطيف
 من الاكيلي ولذلك متى نفذت اشعة النور العدسية المزدوجة التحديق وانحلت
 الوانه متفرقة بعضها عن بعض بسبب الخطاء اللوني تفرقها العدسية المزدوجة
 التقدير ايضاً ولكن بخلاف تفريق المزدوجة التحديق لما
 فتجمع كل الوانه الى بقعة واحدة وترد نورها ابيض . واما
 كيفية وضع العدسية المزدوجة التحديق في المزدوجة
 التقدير لاصلاح الخطاء اللوني فتظهر في الشكل ١٨٧ ونسي
 الشكل ١٨٧



عدسية كهذه عدسية آكرونيك اي عدسية اللون

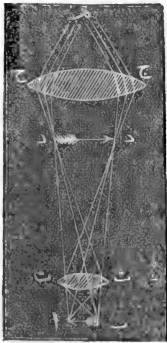
الفصل السابع

في الآلات البصرية

(٣٠٩) الآلات البصرية * هي كل اداة تستعين بها العين على النظر سواء تألفت من عدسيات او مناشير او مرابا او عدسيات ومناشير ومرابا معاً . وهي لكثيرين من الناس بمنزلة حاسة سادسة من الحواس بها يكبرون اصغر الاشياء ويقرّبون ابغدها ويكشّفون اخفاها الى غير ذلك مما لم يكن يتيسّر للبشر النتمتع به لولاها . ولذلك كانت كبيرة الفائدة عظيمة الاعتبار . وقد تفنّنوا بها تفنّناً غريباً حتى كثرت اشكالها جداً . وكلها تندرج تحت ثلاثة اقسام وهي ميكروسكوب او منظار الصغائر به تكبر المربّيات التي لصغرها لانراها العين . وتلسكوب او منظار البعديات به ترى العين الاشباح البعيدة مماوية كانت او ارضية . وآلات شتى لالقاء صور الاشباح مكبرة او مصغرة على حجاب او نحوه تسهيلاً للتصويرها او كشف دقائقها ولتسليّة الناظرين اليها كالخزانة النيرة والمظلمة والفانوس السحري ونحو ذلك . وعلى

هذه الاقسام الثلاثة مدار الكلام في هذا الفصل
واعلم ان القسمين الاولين فلما تخلوا آلة منها من عدسيتين
على الاقل الواحدة يقع النور عليها من الشج وتسمى بلورة الشج
والاخرى تنظر بها العين الصورة التي ترسمها بلورة الشج وتسمى
بلورة العين. الا انه قد يعاض عن بلورة الشج بمرآة وقد يستغنى
عن العدسيتين بواحدة كما سترى في النظارة العاكسة
والميكروسكوب البسيط ان شاء الله

(٢١٠) الميكروسكوب * الميكروسكوب اما بسيط وهو ما كان له عدسية
واحدة مزدوجة التحدب واما مركب وهو ما تركب من عدسيتين على الاقل .



الشكل ١٨٨

اما البسيط فتوضع عدسيته غالباً في حلقة من المعدن
او من قرن الحيوان او العاج. واكثر من يستعمله الشيوخ
والنقاشون والمصورون وغيرهم ممن لا يقتضي لهم ان
يبالغوا في التدقيق . واما المركب فأخص اجزائه
عدسيتان محددتان احلاهما ث (الشكل ١٨٨) وفي
بلورة الشج والاخرى ج ح وهي بلورة العين . فاذا
أريد النظر به الى شج صغير كالشج اب جعل بعده
عن بلورة الشج اعظم قليلاً من بُعد بورنها الاصلية عنها
بحيث تكبر صورته وتقلب مثل د د وتوضع بلورة العين بحيث تقع الصورة
د د اقرب اليها من بورنها الرئيسة فتكبر عما هي عليه (عد ٢٧٨) وتراها العين
من م مكبرة

ترى صورة الميكروسكوب المركب في الشكل ١٨٩ فان اب انبوبة فيها



الشكل ١٨٩

بلورة الشمع وبلورة العين وس عمود مرتكزة عليه ود لولب
تُرفع وتخفض به لاجل احكام البؤرة . وي مرآة تعكس
النور الى الشمع الذي تحت بلورة الشمع ليظهر جلياً اذا
كان شفافاً اذ ينفذ النور حينئذ فلا يبان جلياً . وفي
عينية محدبة تجمع الاشعة على الشمع فتبصره بدلاً من المرآة
اذا كان ظليلاً

فاذا كبر الميكروسكوب قطر الشمع منه مرة او مرتين
الح . قيل ان قوّة منه قطر او مئتان الح . والشمع الذي
يكبر قطره منه مرة يكبر سطحه ١٠٠ اي ١٠٠٠٠ مرة .
ويصلح الخطاء الكروي من الميكروسكوب المركب بمجمل
بلورة الشمع منه صغيرة جداً

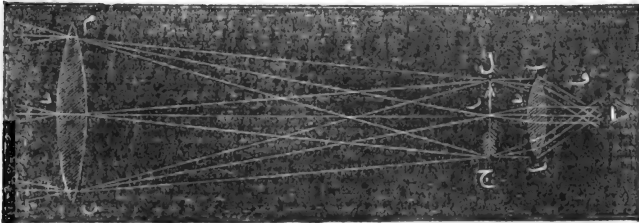
(٢١١) اختراع الميكروسكوب ومنافعة * انه لم يخترع الى غرة القرن السابع
عشر ومخترعه مجهول وربما لم يكن له مخترع واحد بل بلغ ما هو عليه الآن
تدريجياً . واما منافعُه فعديدة : يواكتشف علماء النبات النسيج الخلوي في
النبات ودوران العصافير ووظيفة اوراقه . ويواكتشف علماء الحيوان
اكتشافات حجة منها ان في الفطرة من الماء الراكد الوب الوب من الحيوانات
المتعددة الاصناف والانواع وان العفن مؤلف من نبات النطركا تتألف
الغابة من النصب . وله اعتبار عظيم عند الذين يتعاطون بالاقمشة فانهم
يعينون به نسيجها ويعرفون صحيتها من فاسدها وخالصه من غشوشه . ويسى ما
لا يرى الا بالميكروسكوب ميكروسكوبياً

(٢١٢) التلسكوب * هي نوعان كاسرة وعاكسة والفرق

بينها ان الكاسرة يكون للشيخ فيها بلورة محدبة والعاكسة يكون له فيها مرآة مقعرة

والظاهر ان التلسكوب كُشفت اتفاقاً لكثير من المكتشفات العظيمة .
بروى ان اولاد رجل فلنكي كانوا ينظرون بعدسات الى برج كنيسة امامهم
فاتفق ان ولداً منهم وضع عدسة محدبة في مقعرة ونظر بها الى علم الرمح على
البرج فراه كبيراً وقريباً منه . فاخبر والده مندهشاً فاعاد والده ذلك مراراً
ثم وضع عدستين في انبوين يتزل احدهما في الآخر فصنع التلسكوب . ثم قام
غليلو الفلكي الشهير واستعمل التلسكوب في رصد الاجرام السماوية فشاع استعمالها
في رصد النجوم

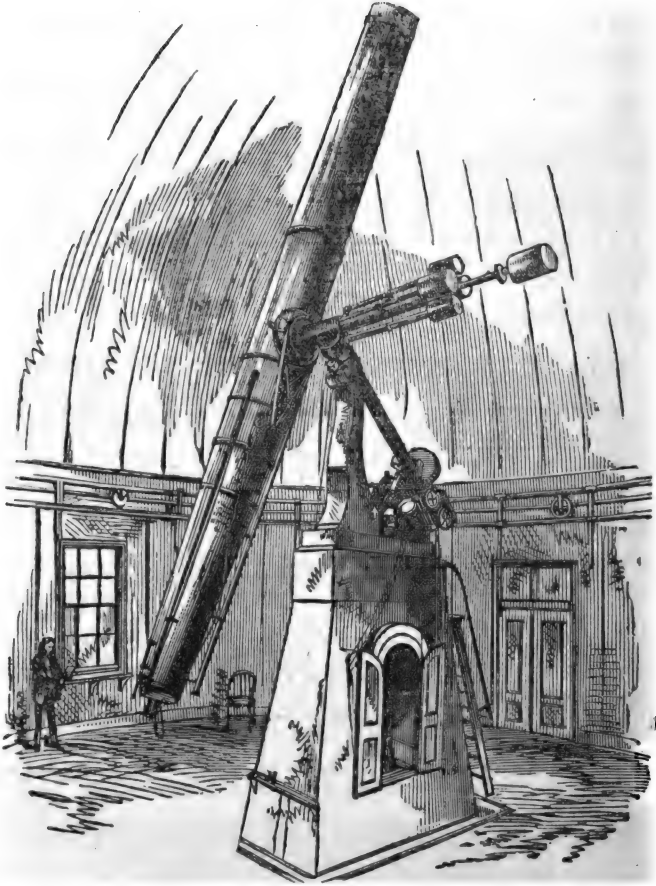
(٢١٢) التلسكوب الكاسرة الفلكية * هذه ابسط انواع النظارة الكاسرة
اخص اجزائها بلورة الشيخ م ن (الشكل ١٩٠) وبلورة العين ب ت . فالاولى
ترسم صورة الجسم السماوي مقلوبة وصغيرة مثل ل ج . والثانية تكبر الصورة
بقدر ما يراد وتتألف من اكثر من بلورة واحدة في النظارات القوية



الفكل ١٩٠

كلما زاد قطر الدائرة لحرف بلورة الشيخ زاد النور على صورته وامكن ان
يزاد تكبيرها . وتكبيرها يزداد كلما قلّ تحدب بلورة الشيخ وزاد تحدب بلورة
العين . ويتوقف وضوح الصورة على خلوص البلورة من الخطاء الكروية

واللوني وعلى اتقان نحتها وصنلها وكونها متساوية الكثافة في كل اجزائها .
ولذلك تزداد صعوبة اتقان البلورة بزيادة كبرها . ترى في الشكل ١٩١



الشكل ١٩١

صورة النظارة الكاسرة في وشتون قطر بلورة الشيح فيها ٣٢ قيراطاً
(٢١٤) التلسكوب الكاسرة الأرضية * لا فرق بين التلسكوب الفلكية
والأرضية في المبدأ ولكنهم لا يبالون في الفلكية بكون الصورة مقلوبة او مقلوبة اذ

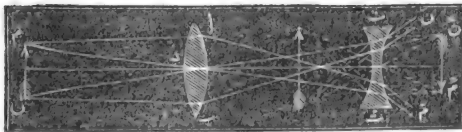
الكواكب كرات وانكزات لا يستغرب منظر صورها مقلوبة كانت او مقومة. فلذلك ينتصرون فيها على بلورة الشج وبلورة العين فراراً من كثرة التركيب وصعوبة الاتقان. واما في الارضية فينتضي ان تكون الاشباح مقومة والا تلتبس رؤيتها على الناظر ولذلك يزداد فيها بلورات اخرى بين بلورتي الشج والعين



الشكل ١١٢

نرى صورة اجزاء التلسكوب الارضية في الشكل ١١٢ م من الشج واب بلورته ومن صورته مقلوبة وذد بلورة العين الاولى وفي تجميع الاشعة عند ل. ولو وضعت العين عند ل لبانت الصورة مقلوبة كما في التلسكوب الفلكية. ولكن بلورة العين الثانية ي ف ترد هذه الصورة المقلوبة مقومة مثل م ن. وت ث بلورة العين الثالثة تجميع اشعة هذه الصورة المقومة في بورة حيث توضع العين فتراها مكبرة

(٣١٥) تلسكوب غليليو لا فرق بينها وبين التلسكوب الفلكية الا بكون بلورة العين فيها عكسية منقرة. ونوضح تفصيلها من الشكل ١١٢ م من الشج واب بلورته مزدوجة التعديب وت ث بلورة العين مزدوجة التعدير. فلي



الشكل ١١٣

كانت بلورة الشج وحدها لرمت صورته مقلوبة في بورتها كما ترى عند م ن الشكل ١١٢ واما هنا فقبل ان تصل اشعته الى بورتها تقع على البلورة المزدوجة

التغير فتفرج بها كما ترى عند مَن فتراها العين مقومة مكبرة كالسهم بين
البلورة المهدبة والبلورة المنعرة في الشكل
ولهذه النظارة مزية بصغرها فيسهل حملها ويكونها لا تنقص من النور إلا
قليلاً لئلا عسيبها . ولكنها لا تكسف من ساحة النظر إلا بقعة صغيرة لأن
الاشعة النافذة بلورة العين تنفرج كثيراً فلا يدخل العين منها إلا الوسطى .
ولذلك كان أكثر استعمالها في رؤية الاشباح الارضية ولا سيما في المراجع
(٢١٦) التلسكوب العاكسة التلسكوب العاكسة اقدم عهداً من الكاسرة
وأكثر منها انواعاً وأشهر انواعها اربعة تلسكوب كريكي وتلسكوب نيوتن
وتلسكوب مرشل وتلسكوب كسكرين



الشكل ١٩٤

تري تفهول تلسكوب كريكي في الشكل ١٩٤ : يى مرآة الشج مقعرة
ومثقوبة من وسطها فبعد وقوع الاشعة من النجم عليها تنعكس وترسم له صورة
مقلوبة مَن عند بؤرتها الرئيسة . وبعد ان تقاطع عند هذه الصورة تقع على
المرآة د د . وبؤرة هذه المرآة اقرب اليها من الصورة مَن ولذلك تنعكس
الاشعة عنها وترسم مَن صورة مقلوبة بالنسبة الى مَن ومقومة بالنسبة الى الشج
وابعد من مركز تغير المرآة د د (عد ٢٦٦) وذلك بعد ما تمر من ثقب
المرآة يى . فتكبر العين هذه الصورة بواسطة البلورة آ ب
والشائع الآن في الاستعمال نظارة نيوتن . وفيها تكون مرآة الشج غير
مثقوبة فتعكس الاشعة عنها الى مرآة أخرى صغيرة موضوعة مائلة مقابلها

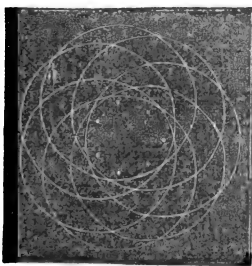
بحيث تنعكس الاشعة الى انبوبة في جنب انبوبة مرآة الشبح . وفي هذه الانبوبة
بلورة العين مؤلفة من عدة بلورات فتكبر بها العين الصورة * ولما كانوا قديماً
يصنعون المرايا من المعدن ولصعوبة تغييرها على ما يراد كادوا يهلون استعمالها
حتى اكتشف العلامة فو كول طريقة بسيطة لتضيض الزجاج مع بقاء سطحه
صفيلاً فتسهل اصطناع المرايا من الزجاج وتضيضها وشاع استعمالها . واكبر
نظارة عاكسة نظارة اللورد رُص قطر مرآتها ست اقدام وبعد البؤرة عن
المرآة فيها ٥٤ قدماً ووزن المرآة نحو ١٦ قنطاراً

(٢١٧) فائدة الفلسكوب * كلما بعدت المرآت عن الدين قل وضوحها
لان نورها ينقل بزيادة مربع بعدها فبلورة الشبح او المرآة المنعرة لاتسمع سطحها
تجميع من النور اكثر كثيراً مما يجمعه بؤبؤ العين . وبلورة العين تكبر صورة الشبح
التي ترسمها بلورة الشبح او المرآة المنعرة فننظر العين الاشباح البعيدة بها كأنها
قريبة منها



(٢١٨) دخول النور من ثقب * اذا دخل ضوء الشمس

من ثقب صغير في حائط غرفة مظلمة صنع للشمس صورة
مقلوبة مستديرة على الحائط المقابل لها كان شكل ذلك الثقب
اماسب انقلاب الصورة فهو تقاطع الاشعة في الثقب . واما سبب استدارتها

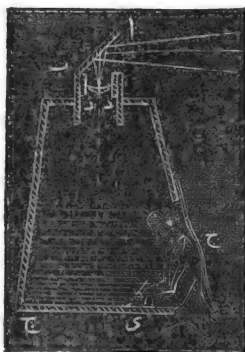


الشكل ١٩٥

فهو لانه ان كان الثقب مستديراً فالصورة تكون
بالضرورة مستديرة وان كان غير مستدير فهو
بمنزلة ثقب مستديرة عديدة جداً مجمعة معاً في
ذلك الشكل . فكل ثقب منها يصنع صورة
مستديرة ومن اختلاط هذه الصور العديدة بعضها
ببعض نحصل صورة واحدة مستديرة تحدّها خطوط

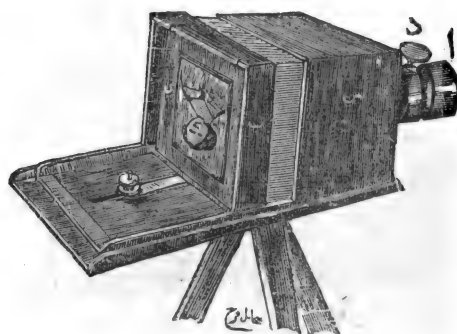
مغنية لانحصى كما ترى في الشكل ١٦٥ . وعلى ذلك تقع صور الشمس مستديرة على الأرض بمرور شعاعها من خلال اوراق الاشجار
غير أن الصورة لا تكون مستديرة إلا اذا كان الثقب صغيراً والحاجز الذي تصنع الصورة عليه موازياً له وبعيداً عنه . فان لم يكن موازياً له ظهرت الصورة اهليجية وإن كان قريباً منه ظهرت على شكل الثقب وكذلك ان كان الثقب كبيراً

(٢١٩) الخزانة المظلمة* اذا ثقبنا جدار خزانة مظلمة ثقباً صغيراً فكل شيء ينعكس النور عنه ويدخل من ذلك الثقب تظهر صورته مقلوبة على الجدار المقابل وملونة بكل الوانها كما كان شكل الثقب . واذا وُضِعَت عكسية مزدوجة التعديب في الثقب ووضِعَ حاجز ابيض في بورتها زادت الصورة جلاءً عليه حتى انها اذا قُومَت استغني بالنظر اليها عن النظر الى اشباحها وامكن الانسان ان يرسمها على الحاجز ولو جهل الرسم والتصوير



الشكل ١٦٦

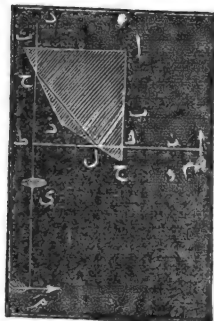
وتقوم هذه الصورة كما يأتي : توضع المرآة المستوية اب (الشكل ١٦٦) تجاه الاشباح فتعكس صورها على العدسة ذ وهذه تلتقيها مقومة امام من يريد رسمها (٢٢٠) الفوتوغرافيا* الفوتوغرافيا التصوير



الشكل ١٦٧

بالنور ويكون ذلك بواسطة الخزانة المظلمة على ما يأتي : يقف الشخص مقابل العدسية المزدوجة التعديب (الشكل ١٩٧) فتقع صورته مقلوبة على لوح من الزجاج ي في برلايز ب يوضع جداراً للخزانة المظلمة س . ويدبر المصور لولباً لتقع بؤرة العدسية على لوح الزجاج وتُحلب الصورة ثم يبدل اللوح بلوح آخر مغشّى بهزيج كهوائي فتؤثر فيه الأشعة الكهوائية من ضوء الشمس. فتصور صورة الشخص عليه وتسمى صورته هذه السلبية ثم تنقل عنه إلى الورق فتقوم وتسمى الإيجابية

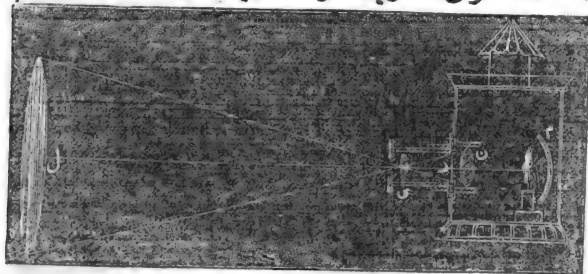
(٢٢١) الخزانة البيرة * هذه أيضاً تُستعمل لرسم الصور الطبيعية. اجزاؤها



الشكل ١٩٨

الاجزائية منشور ذو أربعة اجناب زواياه مصنوعة على شكل ان الشعاع الافقية ن ل (الشكل ١٩٨) متى وقعت من الشخيم على السطح ج ذ تنعكس عنه من ل الى ح في السطح ذ ت ثم من ح الى السطح ا ت فتنفذه كما ترى عند د. فتوضع العين عند د فتري صورته عند م. واذا وُضع هذا المنشور بحيث تنفذ الأشعة وتقع على العين وفي عند الزاوية ت رأت العين الصورة والحاجز الملقاة عليه فترسمها عليه

(٢٢٢) الفانوس السحري * هو آلة تری الصور المرسومة على جسم شفاف



الشكل ١٩٩

مكبّرة. وهو مؤلف من عليه فيها مرآة مقعرة صغيرة (الشكل ١٩٩) تنعكس

شعاع النور الذي قدامها على العدسية ن. وهذه تكثفه على الصورة د التي توضع
مقلوبة قدامها مرسومة على لوح من الزجاج. فتكبر العدسية صورة هذه
الصورة وتلقها على المحاجر في بورتها المنضبة فتظهر واضحة مكبرة

اخترع الفانوس البحري يسوعي^{*} اسمه كيرشر منذ نحو مئتي سنة وقد تفننوا
كثيراً فيه فله نوع تحرك فيه العدسية فتقرب نارة الى اللوح المصور د
فتكبر صورته ل وتبعد عنه أخرى فتصغرها. فاذا كان المصور عليه كلياً من
العظام وكبرت صورته وصغرت بما تقدم وتقرب الفانوس وتبعد عن
الستار المبسوط امامه خال الناظر ان الميكمل يقترب منه ويبعد عنه كأنه حي^{*}
وهذا ما يسمونه بالفتشغور يا اي مجمع الانحولة * وقد يستعملون فانوسين
بحريين معاً ويضعون فيها صورتين لشبح واحد في حالين من احوالوه صورة
بركان ينفذ الدخان من فوهته بهاراً وصورته ينفذ النار والحميم ليلاً
فيظهرون صورته الأولى ثم يفلتون عليها ويظهرون صورته الثانية. فيجبال
الناظر انه يرى البركان على اختلاف مناظره ليلاً ونهاراً. وعلى ما تقدم
يظهرون القمر طالعاً بعد غروب الشمس والبحر ما تجأ بعد السكون
والجو مضطرباً بعد الصحو. وهذه الآلة تسمى

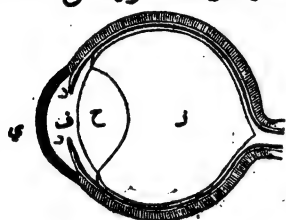
الْبُيُوراما اي المتعددة

المناظر

الفصل الثامن

في العين والبصر

(٢٢٢) العين * العين آلة النفس لابصار المرات . وفي اكل الآلات



الشكل ٢٠٠
ب ا

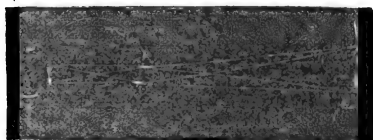
البصرية اتقاناً لانه فلما يعثر بها الخطاء
الكروي او اللوني ولانها تحكم نفسها بنفسها
لتبصر المرات جلياً . وتستقطب النور اذا
مرت عليه * وفي موضوعة في تجويف من
العظم يسمى الوقب ومولفة من ثلاث طبقات
وثلاث رطوبات . فالطبقات اولها الصلبة ا

(الشكل ٢٠٠) وفي غشاة ابيض متين ظليل يحيط بباقي الطبقات . الا ان في
مقدّمه قطعة شفافة تسمى كرجاجة الساعة في شكلها ونازلة فيه كما تنزل زجاجة
الساعة في حلقها . وهذه القطعة تسمى القرنية . وثانيها المشيمية ب وفي ناعمة كالحمل
سوداء اللون فتمتص النور ومتوسطة بين الصلبة والشبكية . وثالثها الشبكية س
وهي مكونة من انبساط العصب البصري الذي ينشأ من الدماغ ويدخل
العين من مؤخرها

والرطوبات اولها المائية وهي سائل صافٍ شفاف موضوع في غرفة ف
وراء القرنية . ويحد هذه الغرفة من ورائها حجاب دد مثقوب من مركزه ويسمى
الفرجة وهذه لونها في البعض اسود وفي البعض ازرقي وفي البعض اشهل الى
غير ذلك . ويسمى الثقب الذي في وسطها البؤبؤ * وثانيها البلورية ح وهي
جسم لدن املس شفاف كالعنسة المزدوجة القديب ومولف كالصلة من

طبقات متراكمة . وهي أكثر في الوسط منها على الجوانب فتزيد قوتها في
الوسط على تكسر النور فيزول منها الخطاء الكروية . وموضوعة وراء
القرنية * وثالثها الرطوبة الزجاجية وهي جسم شفاف لزج كياض البيض التي
وتشغل ما بقي من الحلاء وراء البلورية داخل العين

(٢٢٤) ارتسام الصور على العين * العين أشبه الأشياء بالخزانة المظلمة



الشكل ٢٠١

(عد ٢١٩) فيزولها بمنزلة الثقب

وبلوريتها بمنزلة العدسية في

الثقب وشبكيتها بمنزلة المحاجر

الذي تلقى الصور عليه * لنفرض

ان اس (الشكل ٢٠١) شمع وقعت الشعاع منه على العين . فتتكسر اولاً في
القرنية ثم في الرطوبة المائية ثم في البلورية كثيراً ثم في الزجاجية وتقع على الطبقة
الشبكية فتتصوّر الصورة مقلوبة عليها . وهذه تنقل تأثير النور فيها الى العصب
البصري والعصب البصري ينقله الى الدماغ فيشعر العقل بالصورة * وعليه
يلزم ان نرى الاشياء مقلوبة والواقع اننا نراها مقومة . وقد اختلفوا في سبب
ذلك ولعله ان العقل لا ينظر الى الصورة بل ينظر الى الشمع بواسطة الصورة
فيرد اعاليها الى اسافلها واسافلها الى اعاليها فبراه مقوماً . ولما كانت المشيئة
سوداء اللون فهي تمتص النور لئلا ينفوش الصورة بانعكاسه من جهة الى جهة
داخل العين

(٢٢٥) احكام العين وحد البصر الجلي * قد مر في العدسية المزدوجة

التحديب انه كلما قرب الشمع منها بعدت بؤرتها المنضمة عنها فبعدت صورته

وكما بعد عنها قربت صورته منها (عد ٢٢٧) فلو كانت العين تبقى على

تحديق واحد لكانت الصورة تقع تارة على الشبكية وتارة امامها وتارة وراءها

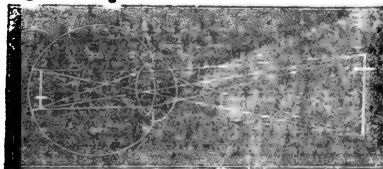
حسب قرب المراتب من العين وبعدها عنها وكان الناظر لا يرى الاشياء

جليّة ما لم تقع على بعد معلوم منه وبراها في ما عدا ذلك مشوشة غير جلية .

والواقع انه براها جلية على ابعاد متفاوتة لان العين تحكم نفسها بحيث تبجلي لما
الصورة في القرب وفي البعد . ودليله انك اذا ادمت النظر الى شمع قريب
ثم حولته بغتة الى شمع بعيد رأيتة اولاً غير جلي ثم تبجلي بعد قليل . وما ذلك الا
لان عينك تحكم نفسها بقدر ما يلزم لوقوع الصورة على الشبكية . والمنطق عليه
ان ذلك الاحكام يكون بان العين تزيد تحدب البلورية في النظر الى البعد
وتقلله في النظر الى القرب بحيث تقع بؤرة على الشبكية في الحالين

غير انه وان كانت العين ترى الاشباح جلية على ابعاد متفاوتة فانها تراها
على اجلاما اذا وقعت على بعد معين منها وتستدل جلاءها كلما بعدت عنه .
ولذلك يسمى ملا البعد حد البصر الجلي وهو يختلف بحسب العيون والمعتاد
ان يكون ما بين ١٠ و ١٢ قدراً اذا كان الشمع صغيراً كالكتابة الصغيرة
الحروف

(٢٢٦) قصر البصر وطوله* اما الذي لا تبجلي له تلك الكتابة على ملا
البعد بل على اقرب منه فيقال انه قصر البصر (مبوب) واما الذي لا تبجلي
له تلك الكتابة الا على ابعد منه فيقال انه طويل البصر او مطروح (برسيوب)
فقصر البصر يحصل من زيادة التحدب في القرنية والبلورية . ولذلك اذا
انكسرت اشعة شمع فيها لم تجتمع في بؤرة على الشبكية نفسها بل امامها كما ترى
ارتسام صورة الصليب في الشكل ٢٠٢ فتكون غير واضحة على الشبكية . فاذا
قرب الشمع من العين اذ ذاك بعدت البؤرة عن البلورية ووقعت على الشبكية
فانجلمت صورته . وهذا هو السبب في كون القصير البصر يستجلي الاشباح عن
اقرب من حد البصر الجلي .



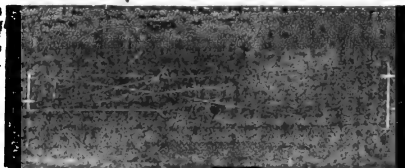
الشكل ٢٠٢

وكذلك يستجليها ولو لم تقرب
منه اذا خازر جنبيه اي قرب
بينها او اذا نظر اليها من قرب

صغير . لانه حينئذ تقل الشعاع الداخلة الى العين ويمر اكثرها في مركز البلورية

فلا يثائر كثيراً بالانكسار ولذلك تبعد البؤرة التي يجمع فيها وتقع على الشبكية ويكثر قصر البصر في الاحداث ولكنهم كلما كبروا قلَّ تحذب عيونهم حتى ان بصريهم يصطلح غالباً عند تأخر بصر غيرهم

وطول البصر يحدث من تسطح البلورية بعكس قصر البصر فالاشعة التي تنفذها تجميع لو التفتت في بؤرة وراء الشبكية كما ترى في ارتسام صورة الصليب



في الشكل ٢٠٢ ولذلك لا

ترى لما العين صورة جلية

الا اذا بعدت الاشباح

عنها حتى تصير بؤرة الاشعة

الشكل ٢٠٢

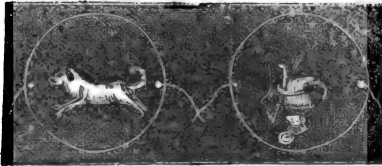
تقع على شبكيتها . وهذا هو السبب في عدم انجلاء الصور في القرب للطويل البصر وهذه العلة تكثر في الشيوخ لان البلورية تنسوفهم ونقل مرونتها فتتسطح على نمادي الايام

ويُصلح قصر البصر بوضع عسنيات (عويّات) مقعرة امام العين فتفرج الاشعة قبل وقوعها على العين حتى انها متى نفذت البلورية نلتقي على الشبكية وذلك بشرط ان يكون تفرج العدسية للاشعة بقدر زيادة تحذب البلورية . ويُصلح طول البصر بوضع عسنيات محدّبة امام العين فتضمّ الاشعة قبل انكسارها في البلورية وتجعل موقع بؤرتها على الشبكية بشرط ان يكون ضمها للاشعة بقدر زيادة تسطح البلورية

(٢٢٧) **بهاء الأثر على الشبكية** * ان الصورة التي تُرسم على الشبكية لا تنزل عنها حال زوال الشئ من امام العين بل تبقى نحو ثمن الثانية بعد زواله . ولذلك يظهر الدولاب ساكناً اذا زادت سرعة حركته . ونحطّ جذوة النار دائرة كاملة من النور اذا أدبرت بسرعة . ونحطّ البرق خطاً متصلاً في الجوّ والشهب خطوطاً نيرة في السماء . فان هذه كلها تُعزّك بسرعة عظيمة فلا يزول اثر صورها الواحدة عن العين حتى يكون قد اُضيف اليها اثر صورتها

الثانية فتصل الصور بعضها ببعض وترى العين المجذوة مثلاً حلقة من النار لا كما هي

وعلى ما تقدم اخترعت العباب شتى يقال لها تؤمّنُ رُوبا (أي إدارة عجيبة) منها أن يُقطع قرص من الكرتون وترسم صورة رجل على وجه من وجهيه



وصورة كلب على الوجه الآخر (تري الصورتين مبسوطتين في الشكل ٢٠٤) ثم يربط خيط

بجانب من القرص وخيط آخر

الشكل ٢٠٤

بالبجانب المقابل له ويلتار القرص بسرعة حتى تظهر الصورة الواحدة وراء الأخرى. فإذا تماقت الصورتان على العين بسرعة عظيمة اتصلت آثارها على الشبكية فيظهر الرجل والكلب معاً والرجل على ظهر الكلب^(١). وكما ان الأثر يبقى على العين برهة بعد زوال الشئ المؤثر فكذلك لا تأثر العين حالاً بل بعد برهة من وقوع النور عليها من الشئ المؤثر. فإذا دار دولاب ذو عوارض دوراناً زائد السرعة لم تعد العين ترى العوارض لأنها تزول من أمامها قبلما يؤثر نورها فيها

(٢٢٨) الإشعاع * قلنا ان العين تصلح الخطأ الكروي (عد ٢٢٣) ولكنها لا تصلح تماماً بل اذا وقع الضوء عليها من جسم مبراستنارت اجزاء الشبكية المجاورة للاجزاء التي ترسم صورة الجسم عليها فيرى الناظر الجسم أكبر مما هو. ولذلك يظهر لمهب القنديل أكبر مما هو والقسم المنير من الهلال اوسع من القسم المظلم منه حال كون القسمين من قرص واحد

(١) اذا اشدت تأثير النور على العين تعب المصعب البصري وضعف تأثير النور ولذلك اذا اطال الانسان النظر الى جسم احمر مثلاً لم تعد عينه تنظر باللون الاحمر. فاذا حوّل نظره حينئذ الى جسم ابيض لم ير اللون الاحمر من الواو السبعة بل يرى منه اي يرى الجسم ابيض اخضر. وذلك يوضح ما قيل (عد ٢٨٩)

(٢٣٩) العي اللوني * من العيون ما لا يرى بعض الألوان كما ان من الآذان ما لا يسمع بعض الاصوات . وهذا النقص يقال له العي اللوني . ذكر الدكتور مَنشِل ان ضابطاً من البحرية اشترى حلة رسمية سترتها زرقاء وصدرتها حمراء حاسباً انها من لون واحد . وان حطاطاً رفع صدرية من الحرير الاسود برفعة قرمزية اللون وآخر ركب طوقاً احمر على جبّة زرقاء . وكان العلامة دلتن لا يرى الا الازرق والاصفر من الطيف الشمسي . فانفق ان قلماً من شمع الختم الاحمر سقط من يده على العشب فلم يميز لونه من لون العشب * هذا ومدى الاذن اوسع من مدى العين في النائر بالمحسوسات فان الاذن تسمع احد عشر ديوناً من الاصوات واما العين فلا ترى اكثر من ديوان واحد من الألوان

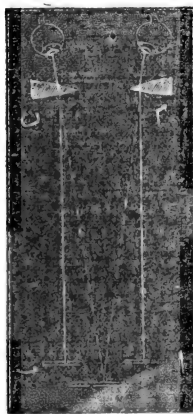
(٢٤٠) صغر الصور في العين * ان قطر العين اقصر من قيراط ومع ذلك يرسم على شبكيتها صورة ارض واسعة بكل ما فيها من الجبال والوهاد والسهول والصحور والمياه والاشجار والابنية والحيوانات مستوفية التفاصيل . فكان الشبكة شاطئاً وامواج النور تجري اليه من كل النواحي وتغوص عنده الوف الوف على الوف الالوف . هذا ونحن نحب الجمال ذلك المنظر ونغفل عن عجائب هذا المشعر

(٢٤١) البصر بالعينين * اذا اتجهت العينان الى شئ واحد ارتسمت له صورة على شبكة كل منهما ومع ذلك فالناظر يراه مفرداً لا مزدوجاً . وقد اختلفوا كثيراً في تعليل ذلك . ولعلّ تعليله ان الشبكتين مثل فرعين كبيرين متفرعين على اصل واحد وكل جزء من هذا الاصل لها صغر يتفرع فرعين احدهما يذهب الى الفرع الواحد والآخر الى الفرع الآخر . فاذا اتجهت العينان الى الشئ اتجاهاً واحداً ارتسمت صورته على الاجزاء الموافقة من الشبكتين ونقلت الشبكة الواحدة نائير صورتها الى نفس الاصل الذي تنقل الشبكة الأخرى نائير صورتها اليه فهى العفل الصورتين صورة مفردة .

ولا فرق بين ان يرى الانسان المرئيات بعين واحدة او بعينين الا بان العينين
تؤديان الى العقل صورة اوضح من التي تؤديها العين الواحدة وتسمان المرئيات
كما سيأتي في الستيريسكوب وذلك لا يكون بالعين الواحدة في الغالب

واعلم ان العقل لا يرى الشئ مفردا ما لم نجه العينان معا اليه او بالاحرى
ما لم نجه محورهما البصريان^(١) اليه. فاذا اتجهت احدهما اليه ولم نجه الاخرى
مثلما ظهر الشئ مزدوجا كما يحدث في المحول وكما يحدث ايضا اذا ضغط
الانسان مثله واحدة حتى لا تتحرك كالأخرى فانه يرى الجسم جسمين. وكل شئ
يظهر للعينين مزدوجا الا ما نجهان اليه. فاذا وضعت اصبعك بينك وبين
القنديل ووجهت عينيك الى القنديل رأيته مفردا ورأيت اصبعك مزدوجة
(٢٢٢) الستيريسكوب * الستيريسكوب كلمة مركبة من لفظتين

يونانيتين معناها الشعور بالجسم. وهو آلة ترى بعض الصور المسطحة مجسمة
اخترعه هوينستون وحسنه بروستر. ويثابته ان العينين اذا نظرنا الى شيء
مسطح كالصورة على الورق رأيت كل منها نفس ما تراه
الأخرى واما اذا نظرنا الى جسم متعدد السطوح
كالكتاب رأته العين اليمنى مختلا قليلا عما تراه اليسرى
لانها ترى من بعض جهات ما لا تراه اليسرى وبالعكس
وبذلك يتميز لنا الجسم عما ليس مجسما



الشكل ٢٠٥

فاذا صور شئ صورتين الواحدة كما تراه العين
اليمنى والأخرى كما تراه العين اليسرى ونظرت كل عين
الى صورتها من وراء منشور او عدسية ظهرت الصورتان
صورة واحدة مجسمة كأنها الشئ نفسه. ترى (الشكل ٢٠٥)
الصورتين ا وب والعينين تنظران اليهما من وراء

(١) اذا كانت العين سالمة فمحورها البصري خط مستقيم يمر من مركز كل من
اللوحة والبؤبؤ والقرنية الى الشئ

منشورين م و ن و هذان المنشوران مفعوتان حتى ان م يكسر الشعاع الآتية من ا
فترى العين الصورة ب عند ت أيضاً. فباجتماع الصورتين في واحدة مع موافقة
كل منها لما تراه العين الناطرة اليها في الشئ الجسم تتخذ العينان فحسبهما
شئاً مفرداً مجسماً

(٢٢٢) مسائل للتمرين * (١) لماذا تكون القوس الفرعية اخفى من
الاصلية والوانها بعكس الوانها. (٢) لماذا لا ترى المراثات من وراء زاوية
البيت ولا من انبوبة ملتوية. (٣) تريد ان تصور مدخلاً دلهلزم مظلم فبأي
لون نلونه حتى يظهر كذلك. (٤) هل الابيض والاسود لونان والافها ما .
(٥) اذا قربنا الشئ من الضوء أبصر ظله ام يكبر . ولماذا . (٦) كم يلزم
ان يكون طول المرأة حتى تجعل طول صورة الناظر قدر طولها . الجواب
نصف طول الناظر . (٧) في أي جهة تظهر قوس قزح صباحاً . (٨) هل
يرى كل من الناظرين نفس القوس التي يراها الآخر . (٩) لماذا ينهر بصر
من يخرج من الظلام الى النور الساطع . الجواب لان بؤبؤ العين ينتقبض اذا
اشدّ النور عليه فمضيق ويقل مقدار النور الداخل اليها . ويتبسط في الظلام
فيتمتع ليدخل ما تمس من النور اليها . ولذلك يخرج الانسان من الظلام
وبؤبؤ عينه متسع فيكثر النور الداخل اليها ويهر بصره الى ان يضيق
البؤبؤ . (١٠) لماذا يبصر المرء ليلاً . الجواب لان بؤبؤ مشقوق طولاً فيتمتع
في الظلام بقدر الحاجة . (١١) لماذا لا يبصر اليوم نهاراً . الجواب لان بؤبؤ
متسع جداً ولا يضيق بقدر المطلوب فتكثر اشعة الشمس على شبكية عينه
فتبهر ما . (١٢) اذا كان نور الشمس على سيار $\frac{1}{17}$ من نورها علمنا فما بعد
السيار عن الشمس بالنسبة الى بُعد ارضنا عنها . (١٣) اذا كان نور المصباح
على كتاب في يدي معلوماً وانا على بعد ست اقدام عنه فكيف ينقص اذا ابتعدت
عنه ست اقدام أخرى . (١٤) لماذا تظهر نقط المطر النازلة كالمخبوط . (١٥)
لماذا يغنى لون المنشئة اذا اتملت بالماء . (١٦) أي الشئ المنظور يكون

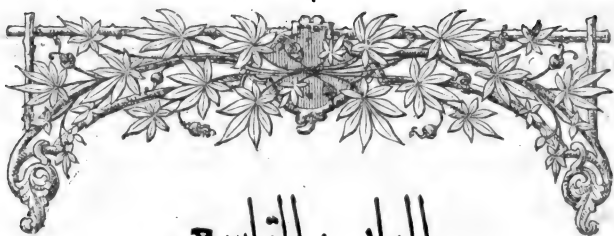
اللون أم في عقل الناظر. (١٧) لماذا تكون رغبة الصابون ظليلة حال كون
الماء ومذوّب الصابون شفافين. (١٨) لماذا تبيضُ هذه الدبس اذا
مُطّت. (١٩) لماذا يصير لون الطلاء فاتحاً بعد ما ينشف. (٢٠) لماذا
يستعمل المصوّر بالشمس ضوء الكاز في الغرفة المظلمة. (٢١) لماذا ترسم
الصورة مقلوبة على الخزانة المظلمة. (٢٢) لماذا تظهر الصورة الثانية اوضح من
الأولى في الشكل ١٥٠. (٢٣) يقولون نلصق لطة تريك فنجوم الظهر فهل
نري اللطة نوراً. الجواب اذا كانت اللطة على الراس فرمها يبيت

العصب البصري فيتأثر كما يتأثر بالنور فيشعر بنور ولا

ضوء في الخارج. (٢٤) لماذا يرى

السكران الاشباح

مزدوجة



الباب التاسع .

في الحرارة

الفصل الاول

في مائة الحرارة ومصادرها

(٣٣٤) حدود * الحرارة المنيرة هي التي يشعها الجسم المنير
كحرارة حديدية أُحميت حتى ابيضت . والحرارة المظلمة هي التي
يشعها الجسم المظلم كحرارة حديدية أُحميت قليلاً * والجسم الذي يثرني
هو الذي تنفذ الحرارة كما ينفذ النور الجسم الشفاف كحجر الملح الذي
هو اصلح الاجسام لنفوذ الحرارة . والجسم الأثرني هو ما لا يصلح
لنفوذ الحرارة * والبرد لنظرة اضافية يراد بها قلة الحرارة * والبخار
والغاز شيان لا يختلفان الا بكون البخار يسهل تحويله عما هو
والغاز يعسر تحويله عما هو . فبخار الماء يتحول الى غيم بانحطاط
حرارته قليلاً واما غاز الهواء فلا يتحول عما هو كذلك

(٢٢٥) مائة الحرارة * في مائة الحرارة قولان احدهما انها مادة
والآخر انها حركة . فاصحاب القول الاول يذهبون الى ان الحرارة سائل
لطيف يتخلل دقائق الاجسام كما يتخلل الماء الحصى في مسيل من الماء . فاذا
طُرِقَ الجسم حتى تقترب دقائق بعضها الى بعض خرجت الحرارة منه كما يخرج
الماء من الخرقه اذا عُصِرَتْ . ويزعمون ان سوائل الحرارة هذه اذا احاطت
بدقائق الاجسام دفعت بعضها بعضاً وابتعدت الدقائق بعضها عن بعض
فتضاد بذلك قوة جاذبية الملاصقة (عد ٢٥) وانها اذا دخلت الى اجسادنا
شعرنا بالحر وإذا خرجت منها شعرنا بالبرد

واصحاب القول الثاني يذهبون الى ان دقائق كل جسم متحركة فيه على
الدوام كما ان كواكب الكون متحركة فيه على الدوام فكلما زادت سرعتها
زادت حرارته وكلما نقصت سرعتها نقصت حرارته فزاد برده . وبيان ذلك
ان الاثير يشغل كل حيز بين دقائق الاجسام فاذا تحرك حركها ثم تحرك بها
كما ان الهواء اذا هب حرك الاغصان ثم تحرك بها فحصل الحرارة من حركة
دقائق الجسم ودقائق الاثير . مثال ذلك : اذا وضع طرف قضيب من الحديد
في النار تحركت دقائقه التي في النار تحركاً عنيفاً وصدمت التي يجانبها وهذه
تصدم التي يجانبها ولم تجرأ حتى تنتقل الحركة على دقائق القضيب كلها من
الطرف الواحد الى الطرف الآخر . ثم اذا أمسك واحد بطرفه صدمت دقائقه
دقائق يده وانصلت الى دقائق اعصاب الحس التي في اليد ففتحرك هذه حتى
تبلغ حركتها الى الدماغ ^(١) فتشعر النفس شعوراً مؤلماً هو الم المحرق فيقول
المحترق ان هذا القضيب حار . واما اذا لم يمسك بالقضيب بل ادنى يده منه
شعر بحرارة غير مؤلمة كالحرارة الاولى بل اللطف منها . فهذه الحرارة حركة تنتقل

(١) يقال ان الحركة تنتقل على الاعصاب بسرعة ٩٢ قدماً في الثانية . فاذا داس
رجل طوله ست اقدام على حجرة من النار لم يرفع قدمه عنها الا بعد ثمن اثنا عشر
لان هذا الزمان ينضوي للنس حتى تشعر بالحرق وتامر الاعصاب برفع القدم عن
الحجرة المحرقة

الى اعصابه ليس بتحريك التضييب لدقائق يده رأساً بل بتحريك دقائق الاثير
التى حول دقائق التضييب وهزماً لدقائق يده . وملا هو القول المقول
عليه الآن

(٢٢٦) علاقة الحرارة بالنور * بين الحرارة والنور علاقة شديدة فاذا
وُضِعَتْ حديدة باردة في النار لا تبقى مظلمة بل تصبح حمراء مبردة كجذوة النار .
واذا احميت شريطة من اليلاتين شعرت اولاً بمرارتها المظلمة خارجة منها
ولكنك لم ترَ لما اللون . واما متى زدت حرارتها فتغير وترى لما اولاً لوناً احمر ثم
برتقالياً متراكباً معه ثم اخضر وهكذا حتى تجتمع فيها كل ألوان الطيف فتراها
بيضاء ساطعة . ومثل الحديد كل الاجسام فانها تنير على درجات معينة من
الحرارة * وفضلاً عما تقدم من العلاقة تنعكس الحرارة وتنكسر وتستقطب كالنور
وتسير مثله في خطوط مستقيمة الى كل الجهات بالسواء وتنقص شدتها بقدر
زيادة مربع البعد كما تنقص شدته ونجري بسرعة جريه . ولذلك يُظَنُّ انها
شيء واحد وان النور حرارة مضبوطة وان كل الفرق بين اشعتها واشعتها والاشعة
الكبالية في الطيف الشمسي هو في عدد اهتزاز دقائقها . فاذا كان عدد
اهتزازات الدقائق قليلاً حصل منها الشعور بالحرارة عند وقوعها على
اعصاب الحس العام . واذا كان عدد اهتزازات الدقائق عظيماً حصل منها
الشعور بالنور من اللون الاحمر الى اللون البنفسجي . واذا كان عدد اهتزازات
الدقائق اعظم فنصرت امواجها جداً حصل منها الاشعة الكبالية
ثم ان اهتزاز الحرارة يكون على درجات شتى فان كان على ابطأ كانت
الحرارة لطيفة وان كان على اسرعه تكون لذاعة كما ان سرعة اهتزاز الهواء اذا
زادت احدثت صوتاً عالياً واذا قلت احدثت صوتاً منخفضاً (٢١٤) وسرعة
اهتزاز الاثير في النور اذا زادت احدثت اللون البنفسجي واذا قلت احدثت
الاحمر (٢٨٤) فالدرجات في الحرارة بمنزلة العلو في الصوت الموسيقي
والألوان في النور

(٢٢٧) مصادر الحرارة * مصادر الحرارة أي ما تصدر منه الحرارة ثلاثة: مصادر طبيعية ومصادر ميكانيكية ومصادر كيميائية فالمصادر الطبيعية الشمس والنجوم والأرض والكهربائية. فالشمس جسم مشتمل منه معظم حرارتنا وقد حسبوا أن ما يصل من حرارته إلى الأرض في سنة يكفي لتذويب طبقة من الثلج تحيط بالأرض وبمكها أكثر من مئة قدم. ومع ذلك فلا يصلنا إلا $\frac{1}{3381000000}$ من حرارتها. وقد قدروا أن النجوم ترسل إلينا نحو أربعة أخماس حرارة الشمس * إلا أن حرارة الشمس والنجوم تنزل في الأرض بين خمسين قدماً ومئة قدم فقط ومع ذلك فالحرارة تزداد بزيادة العمق لأن الأرض نفسها حارة. والمظنون أن حرارتها من نيران تبغل باطنها كله أو بعضه * أما كون كهربائية الهواء مصدراً للحرارة فواضح من البرق الذي إذا أصاب الرمل أو المعادن صهرها من شدة حرارته * وتولد حرارة هذه المصادر من اهتزاز دقائقها اهتزازاً سريعاً على الدوام بتموج الأثير فيتموج حتى يصدمنا فتنتقل الحرارة إلينا

(٢٢٨) والمصادر الميكانيكية هي الاحتكاك والطرق والضغط. فإذا احتك جسم بأخر ظهرت الحرارة من احتكاكها. وعليه يشعل بعض البرابرة النار بمحك حطبة يجطيه. والآلات المتحركة تحي بمحكها بعضها على بعض وربما انقادت إذا لم يقلل احتكاكها بالزيت أو الدهن. فقد ثبت ومفرد مدفعاً من نحاس فتولد معه من الحرارة في $\frac{1}{2}$ ساعة ما يفي $\frac{1}{2}$ ليبراً من الماء الذي حرارته 22° ف. وسبب ظهور الحرارة من الاحتكاك هو أن الاحتكاك يزيد حركة دقائق الأجسام سرعة فتزداد حرارتها * وإذا طرق الحديد حديدته تحي حتى تنصفي من الحمى. والبطار قد يشعل سيكارتها من مسمار بطريقة بسرعة وبثورة على سندان نحو ١٠ ثوانٍ ماسكاً إياه بملقط أو نحو إذا لم يتيسر له نار لاشعالمها. وإذا أصاب حافر الفرس حجراً فربما أوري نارا لأن نضوته تصدم

المحجر فتظهر حرارة تُحمي ما يتطاول منها حتى يضيء . وإذا أُطلقت قنبلة المدفع على غرض من الحديد اندفق النور منه عند صدمها له . ولو صدمت ارضنا شيئاً فوقت بغنة عن حركتها لتولد من ذلك حرارة نحوها هي وكل ما عليها الى بخار لان سرعة دورانها في فلكها حول الشمس تنيف على ٦٨ الف ميل في الساعة فاذا وقفت تحولت كل هذه الحركة الى حرارة . وسبب ظهور الحرارة

من الطرق هو انه يحرك دقائق الجسم حركة سريعة جداً فيزيد حرارتها وربما زاد سرعتها حتى تنوج الانير فتوجاً يحدث النور عند وقوعه على العين * واذا ضُغِطت خشبة بالمكبس المائي حميت . واذا وُضعت صوفانة في اسفل مدكٍ وأدخل هذا المدك ادخالاً محكمًا في انبوبة متينة الجدران كما ترى في الشكل ٢٠٦ انحصر الهواء الذي يشغلها وانضغط تحت المدك انضغاطاً شديداً فتظهر من انضغاطو حرارة تشعل الصوفانة ولا تنقص

عن ٥٧٢° ف .

الشكل ٢٠٦

(٢٢٩) والمصادر الكيحية هي في التركيب الكيحي وهو عبارة عن اتحاد جسم بجسم آخر بما بينهما من الالفة . وهذا الاتحاد يظهر منه حرارة على المعتاد : الا انه اذا كان بطيئاً كحدوث الصدم من اتحاد الحديد باكسجين الهواء لم

يُشعر بالحرارة التي تظهر حيثئذ لانها تنبدد حالما تظهر واما اذا كان سريعاً
فظهر كما في اشتعال الحطب. فان الاشتعال يحصل من اتحاد الأكسجين الذي
في الهواء بالمهدروجين والكربون اللذين في الوقود لان بينة وبينها الفة فيهم
عليها ويهجمان عليه وبسطدم الفرقان عند التقائهما فيقتان ويهتز دقاتها
ومعز الاثير الذي حولها فتوجه امواج حرارة وامواج نور. ومن هذا القليل
حرارة الحيوانات فانها تحصل على ما يظن من اتحاد اكسجين الهواء الذي
تستشفه بالمهدروجين والكربون اللذين في طعامها

(٢٤٠) عديل الحرارة الميكانيكي * كل ما تقدم من الامثلة

عن تحول الحركة الى حرارة لا يفقد فيه شيء من القوة. فان
الحداد الذي يطرق على السندان طريقة لانتلاشي قوته التي طرق
بها بل تحول الى قدر معين من الحرارة. ولو امكن جمع هذه
الحرارة واستعمالها لرفعت المطرقة عن السندان الى العلو الذي
انزلتها يد الحداد منه. فلا قوة لتلاشي وانما تحول من صورة الى
أخرى

وقد وجد جول الانكليزي بنجارب متعددة انه اذا وقع جسم ثقله ليبرا
من علو ٧٧٢ قدماً تولدت من حركة وقوعه حرارة ترفع حرارة ليبرا واحدة
من الماء درجة واحدة. وبالعكس اي ان الحرارة اللازمة لرفع حرارة ليبرا
واحدة من الماء درجة واحدة ترفع جسماً ثقله ليبرا الى علو ٧٧٢ قدماً. ويسمى
هذا الناموس ناموس جول او عديل الحرارة الميكانيكي لانه يبين ما تعدله
لحرارة اذا تحولت الى قوة ميكانيكية

الفصل الثاني

في تغيير الحرارة للأجسام

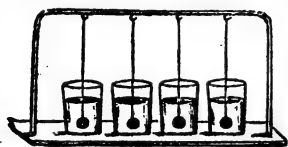
(٢٤١) الحرارة الظاهرة والمخفية والنوعية * اذا احسنا جسمًا من الأجسام انقسمت قوة الحرارة الى قسمين احدهما يزيد سرعة الدقائق المولف منها الجسم فيرفع درجة حرارته والآخر يبعد الدقائق بعضها عن بعض فيمدد أي يكبر حجمه. والاول يشعر به بحاسة اللمس ولذلك يقال له الحرارة الظاهرة والثاني يندل في مقاومة جاذبية الملاصقة فلا يشعر به بحاسة اللمس ولذلك يقال له الحرارة المخفية. وتناثر الأجسام تأثيرًا متفاوتًا بكل من هذين القسمين فمنها ما يتدد كثيرًا وترتفع درجة حرارته قليلًا ومنها ما هو بالعكس. ولذلك اذا اُحسيت اجسام متعددة بحرارة واحدة لم يلزم ان ترتفع حرارتها الى درجة واحدة. ولا يلزم اذا كانت درجة حرارتها واحدة ان يكون مقدار الحرارة في كل منها واحدًا. فبخار الماء حرارته على درجة حرارة الماء العالي ولكنه يحنوي من الحرارة المخفية ما لا يحنويه الماء العالي ولا جسم آخر الا الهيدروجين الذي يحنوي اكثر منه. وبحسب الماء قياسًا

نقاس عليه الحرارة النوعية لباقي الاجسام. فالحرارة النوعية لكل جسم هي النسبة بين المقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة ثقل معين من ذاك الجسم درجة واحدة وبين المقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة ذلك الثقل من الماء درجة واحدة. مثالة: الحرارة التي ترفع ليبرا من الماء درجة واحدة ترفع ليبرا من الزئبق ٢٣ درجة فالمقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة الزئبق درجة واحدة فقط هو $\frac{1}{23}$ من الحرارة اللازمة لرفع الماء كذلك. فتكون حرارة الزئبق النوعية او قابليته للحرارة ٠.٢٣ من الواحد على فرض حرارة الماء النوعية او قابليته للحرارة واحداً

(٢٤٢) استعلام الحرارة النوعية * أولاً تستعلم الحرارة النوعية للسوائل كما يأتي: احم مقداراً معيناً من السائل حتى يصير على درجة معلومة من الحرارة ثم امزجه بمقدار يساوي من الماء ولكن درجة حرارته دون درجة حرارة السائل واستعلم حرارة المزيج فتكون أدنى من حرارة السائل واعلى من حرارة الماء. ثم قل نسبة ما خسرته السائل من الحرارة بالمزج الى ما ربحه الماء بالمزج كنسبة واحد الى حرارة السائل النوعية. مثالة: احمينا اوقية من الزئبق حتى صارت حرارتها على درجة ١٢٢ ف. وصبيناها في اوقية من الماء حرارتها على درجة ٢٢ ف. فوجدنا حرارة المزيج على درجة ٢٥ ٢٥ اي ان الزئبق قد خسر من حرارته ٦٦ ٧٥ والماء قد ربح على درجة حرارته ٢٥ ٢٥ فنقول نسبة ٦٦ ٧٥ : ٢٥ : ١ : الى الحرارة النوعية للزئبق وهي ٠.٢٣

ثانياً وتُستعلم الحرارة النوعية للجوامد كما يأتي: تُصب كميات متساوية من الماء البارد في كؤوس من الزجاج (الشكل ٢٠٧) وتؤخذ اجسام مساوية

لعدد الكووس ومتساوية وزناً ما يبرد معرفة حرارته النوعية . ثم تُغمس هذه الاجسام معاً في الماء الغالي حتى تصبح حرارتها كحرارة الماء الغالي وتُرفع وتُدلى في كووس الماء البارد وتترك هنيئة حتى توصل حرارتها الى الماء . فكل جسم منها يرفع درجة حرارة الماء بحسب حرارته النوعية . فاذا كانت حرارتها النوعية متساوية رفعت حرارة الماء الى درجة واحدة ولاً رفعتها ارتفاعاً متفاوتاً . فالرصاص يرفعها اقل من القصدير والقصدير اقل من النحاس الاخر وهذا



الشكل ٢٠٧

اقل من الحديد . فستعلم الفرق بين حرارتها قبلما غُمست في الماء البارد وحرارتها بعد ما غُمست فيه . ونستعلم منه حرارتها النوعية على النسبة المتقدمة في الطريقة الاولى ^(١) اي نسبة ما يخفضه جسم كالرصاص مثلاً من الحرارة : ما يبرجه الماء البارد :: ١ : الحرارة النوعية من ذلك الجسم

(٢٤٢) بقاء الحرارة المخفية * كلما تحول الجأمد الى سائل

او تحول السائل الى غاز تحولت الحرارة الظاهرة فيه الى حرارة مخفية . فكل من يغلي الماء او يذوب الثلج يعلم ان الماء لا يغلي والثلج لا يذوب الاً بوضعها على النار او نحوها حتى تحصل حرارتها اليهما

الحرارة النوعية	(١) الحرارة النوعية
٠.٠٩٥١	للماء ١٠.٠٠٠
٠.٠٥٧٠	للشم ٠.٢٤١١
٠.٠٢٢٣	للكبريت ٠.٢٥٢٥
٠.٠٢٣٤	للماس ٠.١٤٦٩
٠.٠٢٣٤	للعديد ٠.١١٢٨
٠.٠٢١٤	للموتيا ٠.٠٩٥٥
	للرصاص

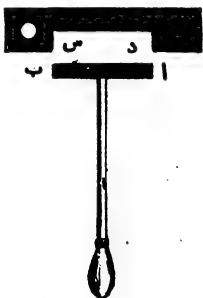
وتخفي فيها. ولكن هذه الحرارة لا تُلَاشِي بل تصير حرارة ظاهرة
 حالما يرجع البخار سائلاً والسائل بخاراً. فاذا وضع الانسان ماءً
 على كفه سخن الماء بحرارة كفه وتحول الى بخار فيشعر الانسان
 ببرودة الماء لان حرارة كفه انتقلت اليه واخنت في بخاره. واذا
 تكاثف البخار على كف الانسان شعر بسخونته لان البخار المتكاثف
 يرد كل الحرارة التي اخنت فيه الى الكف. وعلى ما تقدم يكون
 جود الماء من باب التسخين وذوبان الثلج من باب التبريد
 خلافاً لما يتوهّم الانسان من اوّل وهلة. فلنأما تقدم هذه القاعدة
 وهي انه اذا تحول جسم الى الطف منه اخنت فيه الحرارة واذا
 تحول الى اكثف منه ظهرت منه الحرارة

(٢٤٤) الامزجة المتجمدة * ان بعض الاجسام اذا مزجت معاً بردت
 حتى تصير كالجليد على مبدأ الحرارة الخفية. واشهر هذه الامزجة مزيج البوزه
 وهو ملح وثلج يزدجان معاً. فالملح له ميل شديد الى الماء ولذلك يذوب الثلج حتى
 يلاقي الماء أو يذوب فيه. ولكن يذوبان الثلج والملح معاً الذي تساعد حرارة
 الحليب يمتص مذوبها حرارة وافرة من الحليب تخفي في المذوب لما مر. ومعنى
 قلت حرارة الحليب يبرد فيجهد ويعرف اذ ذاك بالبوزه

(٢٤٥) التمدد * قلنا (عد ٢٤١) ان الحرارة تؤثر في
 الاجسام تأثيرين احدهما انها ترفع درجة حرارتها والثاني انها
 تمددها اي تكبر حجمها. فهذا الاخير يكون بانها تزيد حركة

دقائقها سرعة فتبعدها بقضها عن بعض بعداً اعظم ما كانت عليه ولذلك تشغل الدقائق حيناً اعظم من الذي كانت تشغله. وإذا قلت حرارتها اقتربت من بعضها البعض وشغلت حيناً اصغر. وعلى ما تقدم يقال ان الحرارة تمدد الاجسام والبرد يقلصها (٢٤٦) تمدد الجوامد * يظهر تمدد الجوامد بالحرارة ما يأتي : خذ قضيباً

من الحديد ا ب (الشكل ٢٠٨) يدخل وهو على حرارته الاعيادية في س د ويدخل قطره في الثقب ي . فاذا اُحيى يتمدد طولاً فلا يدخل في س د وثخناً فلا يدخل في الثقب ي * وقد عرفوا من تمدد الجوامد طولاً وجزماً انها تتمدد تمدداً قياسياً اي انه كلما ارتفعت درجة حرارتها ارتفاعاً معيناً ازداد تمددها ازدياداً معيناً ايضاً. غير ان مقدار تمددها ههنا متفاوت فالتوت يتمدد أكثر من الحديد والحديد أكثر من الزجاج



الشكل ٢٠٨

ولهذا التمدد قوة لا تقاوم فند حسبوا انه اذا

أُحيى قضيب حديد من درجة ذوبان الجليد الى درجة غليان الماء يتمدد وضغط ما يملصو ضغطاً يعادل ضغط ٦٠٠٠ انقل من ثقلو ثم اذا برد تنقلص بتلك القوة عنها. وسبب ذلك واضح لان القوة التي يتمدد بها الجسم قيراطاً في الطول تعادل قوة تمطه قيراطاً * وقد استخدمت قوة التمدد والتقلص في كثير من الاعمال. من ذلك ان اُطرد الدواليب بركوبها حامية عليها حتى انها متى بردت تنقلص فتتشبث بها تشبثاً متيناً. والمسامير التي يسمرون بها خلاقيين الجار يضعونها حامية حمراء حتى تنقلص بعد ذلك وترتبط اجزاء الخلاقيين ربطاً شديداً بعضها ببعض. ولما وقع الخلل في جدران دار الصناعة بباريس

فتباعد بعضها عن بعض ادخلوا فيها قضباناً من الحديد واجمعوها فتمددت ثم
شدوها باللوالب فلما بردت تقلصت فنقصرت وردت المجران الى استقامتها
وكا انه يتنفع بتمدد الاجسام كذلك يجب ان يمتد من ضرره. ففي مذ
انابيب الماء تحت الارض يدخل طرف الانبوب الواحد في طرف الآخر
يسيراً حتى انها اذا تمددا او تقلصا يمتدان موضعاً لذلك. واذا غمست اكواب
الزجاج باردة في الماء الحار فقد تنضم لان سطوحها الخارجية تتمدد قبلما
تصل الحرارة الى سطوحها الداخلية فتمدد تلك وبقاء هذه على ما هي ينكسر
الزجاج. ولهذا السبب تنكسر زجاجة القنديل اذا رُش عليها الماء البارد ان
مر بها الهواء البارد حامية

واعلم ان الاجسام اذا بردت تقلصت ورجعت دقائقها الى اماكنها الاولى
الارصاص والتوتيا فانها متى بردا لا يرجعان الى حجمها الاول واذا لم يمتدا
محلاً لتمددا فيؤبعضان ولذلك كثيراً ما ترى بطانة الاوعية المبطنة بهما مجمدة
(٢٤٧) تمدد السوائل * تتمدد السوائل اكثر ما تتمدد الجوامد

لان جاذبية الملاصقة فيها اضعف مما هي في الجوامد. غير ان تمددها ليس
قياسياً فلا تتمدد بقدر ازدياد درجة الحرارة لانه اذا كانت حرارة سائل ٢٠٠°
وحارة آخر من نوعه ١٠٠° وزيدت حرارة كل منهما ١٠° يتمدد الثاني بالعرض
الدرجات اقل ما يتمدد الاول. وكلما قربت حرارة السائل من درجة



الشكل ٢٠٩

عليها بعد تمدده عن القياس * ويتفاوت التمدد
في السوائل بحسب نوعها فاذا صب في ا
(الشكل ٢٠٩) ماء وفي ب زيت السمك
وفي س الكحول الى علو واحد وغمست كلها في
الماء الغالي تمدد الكحول اكثر من الزيت
والزيت اكثر من الماء * هذا ولا تتمدد الاجسام

بغير الحرارة الا الماء فانه يتمدد بالحرارة وتمدد بالبرد ايضاً وهذا يكون بعد

انحطاط حرارته الى ٢٩° ف. فيتمدد من ثم حتى يصير جليداً على درجة ٢٢° ف

(٢٤٨) تمدد الغازات * تتمدد الغازات أكثر مما تتمدد السوائل والجوامد وتمدد ما فياسي فانه كلما ارتفعت حرارتها درجة زاد حجمها $\frac{1}{٢٩}$ منه كـ^(١) فاذا كان غاز حجمه ٤١٠ فيراطاً مكعباً ودرجة حرارته ٢٢° فواحي حتى نصير ٢٢° ف يصير حجمه ٤٩١ فيراطاً مكعباً. ولتتمدد الغازات اعتبار عظيم في الرياح وفي تنقية هواء المساكن كما سيبي

(٢٤٩) الثقل النوعي للغازات * تقدم (عد ١٢٨) ان الثقل النوعي للهواء يجعل قياساً للثقل النوعي لساير الغازات. ولما كانت الغازات قابلة للتمدد والانضغاط كثيراً كانت كثافتها كثيرة الاختلاف فاذا اردنا ان نستعلم ثقلها النوعي وجب ان نحولها دائماً الى درجة معينة من الحرارة ومن الضغط. والمتفق عليه ان تكون الحرارة على درجة الجليد وان يكون الضغط مساوياً ٣٠ فيراطاً بالبارومتر. فيستعلم الثقل النوعي لكل غاز من الغازات باستعمال ثقل جرم معين منه على درجة الجليد من الحرارة وتحت ٣٠ فيراطاً من الضغط ثم يستعلم ثقل جرم يساويه من الهواء على تلك الحرارة وتحت ذلك الضغط. ويقسم ثقل الغاز على ثقل الهواء فالحارج الثقل النوعي لذلك الغاز. مثاله لو قبل ما الثقل النوعي لغاز الأكسجين لثقل قرع الفارورة المرسومة في الشكل ٢٦ من الهواء واستعلم وزنها ثم املاها هواء واستعلم وزنها واملاها أكسجيناً ايضاً واستعلم وزنها. واطرح وزنها من وزنها مع الهواء فبقي لك وزن الهواء واطرح وزنها من وزنها مع الأكسجين فبقي لك وزن الأكسجين. اقسمة على وزن الهواء فيخرج لك ثقل الأكسجين النوعي. الا انه لا يتيسر دائماً استعمال الثقل النوعي على الدرجة المذكورة آتناً من الحرارة والضغط. ولذلك يحولون اوزان

(١) ان هذا الحكم لا يصدق تماماً اذا اردنا حقيقة الواقع ولكن اختلافه زهيد جداً لا يعاير في العمل

الغازات بالحساب الى ما تكون عليه لو كانت الحرارة والضغط حسب المطلوب

(٢٥٠) الترمومتر * الحواس البشرية قاصرة عن معرفة درجة حرارة الاجسام راساً ولذلك يستعان على معرفة هذه الحرارة بقياس تمديدها للاجسام. وتسمى الآلة التي تُعرف بها حرارة الاجسام الترمومتر اى مقياس الحرارة. ولما كان الاعتماد فيه على تمدد الاجسام كانت السوائل اصلح الاجسام لذلك لان الجوامد تتمدد قليلاً فيقاس بها اختلاف الحرارة اختلافًا عظيمًا والغازات تتمدد كثيراً فتصلح لقياس اختلاف الحرارة اختلافًا يسيراً فقط فضلاً عن ان ضغط الهواء يؤثر فيها كثيراً. ولذلك يستعمل من السوائل الزئبق والكحول اما الزئبق فلان تمدده قياسي ولا يغلي الا اذا اشتدت الحرارة جداً واما الكحول فلانه لا يجهد ولو اشتد البرد وجهد الزئبق. ويسمى الترمومتر من الاول الزئبقي ومن الثاني الكحولي. والاول اكثر استعمالاً واما الثاني فيستعمل غالباً في البرد حيث يخشى من جمود الزئبق



(٢٥١) الترمومتر الزئبقي * يوضع على هذا الترمومتر ما ياتي :

تؤخذ انبوبة من الزجاج ١ (الشكل ٢١٠) ذات بلبوس ب في احد طرفيها ويحشى بلبوسها هذا على قنديل كحولي حتى يتمدد الهواء فيه ويخرج بعضه من الانبوبة. ثم يغرس طرف الانبوبة الآخر في وعاء من الزجاج يحتوي ماء ملوناً س. فتبرد البلبوس ب بتقلص الشكل ٢١٠

الهواء فيؤتي في الانبوبة فيصغر حجمه ويدخل جانب من الماء الى البلبوس
ويشغل فسمائه . ثم يحى البلبوس ثانية حتى يتحول كل ما فيه من الماء الى
بخار ويغس طرف الانبوبة اذ ذاك في الماء المثلون . فتن برد البلبوس تقلص
البخار فيه وصعد الماء وملأه هو والانبوبة معاً * وهكذا يصنع للترموتر الزئبقي
انبوبة شمعية ذات بلبوس . ومثلاً زئبقاً على ما تقدم . ولكن المعتاد انهم
يضعون قمعاً في طرف الانبوبة ويصبون الزئبق فيه ويحسون البلبوس فيتمدد
هواؤه ويصعد بعضه من خلايا الزئبق . ومتى برد البلبوس يتقلص الهواء فيه
فيتزل جانب من الزئبق الى البلبوس ويحل محل ما أفلت من الهواء . ثم
يحمون البلبوس ثانية حتى يتمدد الزئبق الذي نزل اليه ويشغله هو والانبوبة
الى العلو المراد ويصهرون طرف الانبوبة ويسدون ويتركون البلبوس حتى
يبرد فيتقلص ويتزل الزئبق اليه ويبقى ما فوقه من الانبوبة فارغاً . ثم يبتدون



بجز الدرجات على الانبوبة فيغمسون البلبوس في الجليد وهو
بذوب فيتقلص الزئبق كثيراً من البرد وحينئذ استقر وسموا علامة
على مساواة رأسه . ثم يغمسون البلبوس في الماء وهو يغلي تحت
ضغط جلد واحد فيتمدد الزئبق في الانبوبة من الحرارة وحينئذ
استقر وسموا هناك علامة أخرى

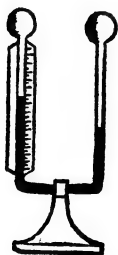
وحيثئذ اذا حُسبت درجة الجليد ٣٢ ودرجة الماء الغالي ٢١٢
وقسم ما بينهما ١٨٠ قسمًا متساوياً فذلك هو ترمومتر فارنهایت
واستعماله شائع في الولايات المتحدة وبلاد الانكليز . واذا حُسبت
درجة الجليد صفرًا ودرجة الماء الغالي ١٠٠ وقسم ما بينهما ١٠٠
قسم متساوي فذلك هو ترمومتر ستيفنراد اوستليوس واستعماله شائع
في فرنسا . واذا حُسبت درجة الجليد صفرًا ودرجة الماء الغالي
٨٠ فذلك ترمومتر ريويمير واستعماله شائع في جرمانيا وروسيا .

الشكل ٢١١

تري صورة ترمومتر فارنهایت وريومير معاً (الشكل ٢١١)

وللتمييز بين هذه الثلاثة يكتب أول كل حرف من اسم كل ثرمومتر الى يسار درجاته فاذا كتبنا ٦٢° ف. و٢٥° س. و٢٢° ر. فالمراد ٦٢ درجة من فارنهي٢ و٢٥ درجة من سن٢كراد و٢٢ درجة من ريومي٢ر. ويقسم ال٢رمومتر تحت درجات الجلي٢د اقساما متساوية ايضا ويدل على ما تحت الصفر بعلامة الطرح عن يمين الارقام فاذا كتبنا -٢° ف. و-٢° س. و-٢° ر. فالمراد ٢ درجات فارنهي٢ تحت الصفر و٢ درجات سن٢كراد تحت الصفر و٢ درجات ريومي٢ر تحت الصفر. والصفر في هذين الاخيرين يدل على درجة الجلي٢د واما في الاول فعلى ابرد منها باثنين وثلاثين درجة

واذا اردنا تحويل ثرمومتر فارنهي٢ الى سن٢كراد طرحنا منه ٣٢ وضربنا الباقي في ٥ وقسمنا الحاصل على ٩ ويدل على ذلك بهذه العبارة (ف-٣٢) $\times \frac{5}{9}$ = س. واذا اردنا تحويل سن٢كراد الى فارنهي٢ ضربناه في ٩ وقسمنا الحاصل على ٥ واضفنا ٣٢ الى الخارج ويدل على ذلك بهذه العبارة (س $\times \frac{9}{5}$ + ٣٢ = ف.). واذا اردنا تحويل فارنهي٢ الى ريومي٢ر طرحنا منه ٣٢ وضربنا الباقي في ٤ وقسمناه على ٩ ويدل على ذلك بهذه العبارة (ف-٣٢) $\times \frac{4}{9}$ = ر. واذا اردنا تحويل ريومي٢ر الى فارنهي٢ ضربناه في ٩ وقسمنا الحاصل على ٤ واضفنا ٣٢ الى الخارج ويدل على ذلك بهذه العبارة (ر $\times \frac{9}{4}$ + ٣٢ = ف) واعلم ان الزئبق يجمد على -٢٩° ف. ولذلك يستعمل الكحول عوضا عنه للدلالة على الحرارة السافله كما تقدم

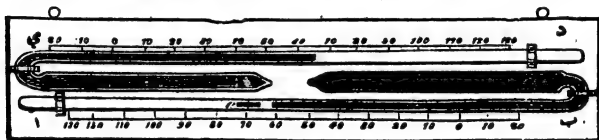


الشكل ٢١٢

(٢٥٢) ثرمومتر التفاوت * هو انبوبة ذات شعبتين قائمتين كما ترى في الشكل ٢١٢ فيملأ بعض الساقين وما بينهما سائلا ملوئا كالحامض الكبريتيك الخفف ويترك البلبوسان وما بقي من الساقين ملوئا هواء. فان كانت الحرارة واحدة على البلبوسين بقي الحامض على علو واحد في الساقين والا فاذا زادت على واحد دون الآخر تمدد الهواء الذي في

الأخرى وطردها من الساق التي هو فيها الى الساق الأخرى . وهذا يستعمل لقياس الفرق بين درجتي حرارة لسائلين او جسمين ولهذا سمي ثرمومتر التفاضل

(٢٥٢) ثرمومترا الاعظم والاقل * اذا شئنا ان نعرف اعظم الحرارة التي تحدث في اليوم او اقلها على اسهل سبيل استعملنا ثرمومترا بقيد نفسه بنفسه . والشائع في الاستعمال الثرمومتر الزئبقي لمعرفة اعظم الحرارة والكحولي لمعرفة اقلها اما كيفية تثبيت الثرمومتر نفسه فتتضح من الشكل ٢١٢ اب الاعظم فيه زئبق وقصيب دقيق من الفولاذ منقول عن الزئبق بقليل من الهواء . فاذا ارتفعت الحرارة مادت الزئبق فيسير في الانبوبة ويدفع القصيب امامه حتى يبلغ اعظم مقداره . واذا وطوت الحرارة تقلص الزئبق ورجع تاركا القصيب مكانه فيستدل منه على الدرجة التي بلغت الحرارة اليها في ذلك اليوم



الشكل ٢١٢

ودي الاقل فيه الكحول وقصيب مجوف من الزجاج غير منقول عنه . يوضع قصيب الزجاج بحيث يمس طرفه المتجه الى اليبوس رأس عمود الكحول ثم اذا هبطت الحرارة تقلص الكحول واجتذب القصيب (لما بينها من جاذبية الالتصاق) راجعا نحو اليبوس حتى يبلغ نهاية تلمصه . فيستدل من القصيب على اقل الحرارة ذلك اليوم . واذا زادت الحرارة مادت الكحول تجاوز القصيب ولم يحرّكه من مكانه كما ترى في الشكل

(٢٥٤) الپيرومتري * كما ان الزئبق لا يصلح لقياس الحرارة اذا كانت منخفضة جدا لانه يجهد فيعوض عنه بالترموتر الكحولي كذلك لا يصلح لقياس الحرارة اذا ارتفعت جدا لانه يحول الى بخار فيعوض عنه بالپيرومتري . وهذا

اليومتر على اشكال لا تتعرض لتفصيلها اذ قد أهملت لعدم ضبطها في
الدلالة على الحرارة. ولكن المعول عليه الآن للاستعمال لهذه الغاية من
يوميترات الغاز والبخار او يومترات الكهرباء المذكورة في المطولات
(٣٥٥) اسالة الاجسام * اي تحويلها الى سوائل بتأثير

الحرارة فيها وهو يكون في الجوامد فيقال له صهر او تذويب
وفي الغازات فيقال له تسيل

(٣٥٦) صهر الجوامد * اذا زِيدَت الحرارة على جامدٍ
ارتفعت درجة حرارته ارتفاعاً دائماً حتى تصل الى الدرجة التي
يذوب عندها فلا ترتفع بعد ذلك ولو زِيدَت الحرارة عليه. لأن
ما يزيد من الحرارة على درجة الذوبان يصرف في مقاومة جاذبية
الملاصقة التي بين دقائق الجامد فيمدده اي يبعد دقائق بعضها
عن بعض حتى يُضعِف جاذبية الملاصقة ويحلّ الدقائق من
قيودها حلاً يسهل لها الحركة فتسيل كما يشاهد في تذويب الثلج
والحديد ونحوها * ولا يخفى ان حرارة كثيرة تخفى بالصهر لأننا
اذا اردنا ان ندوب ثلجة حرارتها $- ٣٢^{\circ}$ ف الى ماء حرارته
 ٣٢° اقتضى ان يخفى فيها ١٤٢° ف من الحرارة. فلا نحول
اوقية من ذلك الثلج الى اوقية من هذا الماء ما لم نصرف عليها من
الحرارة ما يرفع ١٤٢° اوقية من الماء من ٣٢° الى ٣٣° ف

واعلم ان بعض الاجسام كالورق والخشب والصوف وغيرها تحلّ برفع

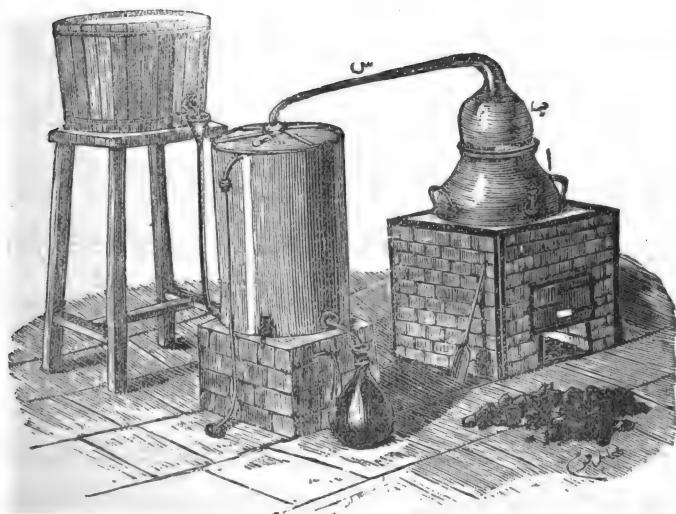
حرارتها ولا تذوب وبعضها يصهر تدريجياً فلعل له درجة محدودة يصهر عندها كالزجاج والمخيد فانها يلينان شيئاً فشيئاً حتى ينتقلا من الجمود الى السهولة تدريجياً ولذلك تعتبر درجة ابتداء اللبونة وغمام الصهر فيها. ولما كانت جاذبية الملاصقة متفاوتة القوة في الاجسام فدرجة الصهر متفاوتة ايضاً فانها عالية في بعض الاجسام وسافلة في غيرها

(٢٥٧) تسيل الغازات * تتحول الغازات الى سوائل بالبرد والضغط. اما البرد فلانه اذا قلت الحرارة من الغاز ضعفت القوة الدافعة وقويت الجاذبة بين دقائقه فتقربها بعضها من بعض. واما الضغط فلانه يقرب الدقائق بعضها من بعض فيعين الجاذبة على غلبة الدافعة. وبواسطة الضغط والبرد معاً حولوا كل الامخنة والغازات بلا استثناء الى سوائل. وما زال الغاز تحت الضغط بقي سائلاً واما اذا زال الضغط عنه فيرجع الى الغازية حالاً

(٢٥٨) البخار * اذا احسينا السائل في قدر ارتفعت درجة حرارته حتى يغلي فتكثف عن الارتفاع. واما هو فلا يزال يندد حتى نصير سرعة دقائقه اقوى من جاذبية الملاصقة فينتطير ويقال اذ ذاك ان القدر تبخره. ولا تبخر غيره مما يكون ذائباً فيه من الجوامد فاذا تبخرت ماء ملحاً مثلاً صعد البخار عذباً وبقي الملح فيه

(١) ان لالة الكباوية تحمل في الجسم مثلاً الى تحويل الامخنة التي في الماء الى سوائل كالكلس المحمي فانه يمتص بخار الماء. وكذلك بعض انواع الماء الملح

وعلى ذلك يجري التقطير بالانبيق كما ترى في (الشكل ٢١٤) بوضع السائل في اوهو وعاء من النحاس يستقر على الكانون فيتحول الى بخار ويمضي من راس الانبيق ب في الانبوبة س الى انبوبة لولية ص نازلة في حوض ملآن من الماء البارد . فيبرد هناك وينظر في الكوز نقيًا خالصًا من الشوائب والاكثار . ولكن الماء البارد الذي حوله في الحوض يسخن . ولذلك يُبدل بماء آخر بارد من حوض بجانب حوضه فيدخل البارد من اسفل الحوض ويخرج الحار من اعلاه كما في الشكل * كلما بقطر الماء ويستخرج العرق من عصر العنب والسوائل العطرية من الازهار



الشكل ٢١٤

(٣٥٩) درجة الغليان * غليان السائل هو جیشان دقائقه بالحرارة . فاذا أحى الماء مثلاً علته أولاً فقايع معبأة هواء من الهواء الذي كان فيه . ثم حدث فيه فقايع معبأة بخاراً منه

واستقرت على قدر وعائيه وجوانبيه . ثم تعلو قليلاً حتى تبلغ ما لا يزال بارداً منه فيسحقها ويكثفها ومن انسحقها يحصل الأزيز وهو صوت القدر المهود. إلا أنه كلما زادت الحرارة على الماء علت هذه الفقاعات البخارية فيه حتى تبلغ سطحه فتنفق عليه وتخرج بخارها الى الهواء وهذا هو غليان الماء * ودرجة الغليان هي الحرارة التي يغلي السائل عليها وهي متفاوتة باختلاف الأجسام. فمن الأجسام ما يتحول الى بخار على درجة معتدلة من الحرارة فتكون درجة غليانه معتدلة ومنها ما لا يذوب إلا على درجة عالية جداً فتكون درجة غليانه عالية جداً. ومنها ما يتحول الى بخار على درجة سافلة جداً كغازات الهواء

(٢٦٠) درجة غليان الماء * تتوقف درجة غليان الماء على ثلاثة أمور هي : أولاً. نقاوة الماء . فان كل ما يزيد جاذبية الملاصقة بين دقائق الماء يرفع درجة غليانه ولذلك تكون درجة غليان الماء الملح ارفع من درجة غليان الماء العذب اذ الملح يزيد قوة الملاصقة بين دقائق الماء . وتكون درجة غليان الماء المزوج بالماء اسفل من درجة غليان الماء الخالص منه اذ الهواء يضعف قوة الملاصقة بين دقائقه فاذا خلص الماء من الهواء لم يقل إلا على ٢٧٥° ف. فيتحول حينئذ الى بخار بنقعة شديد

وثانياً . طبيعة الوعاء . فان درجة غليان الماء في الحديد مثلاً اسفل ما هي في الزجاج . وتزيد في الزجاج ارتفاعاً اذا نظف بالحمض الكبريتيك واليوتاسا . والظاهر ان سبب ذلك جاذبية الالتصاق بين الماء والوعاء الذي يحويه فاذا كانت شديدة ارتفعت درجة الغليان والعكس بالعكس

وثالثاً . الضغط . فان كل ما يضغط وجه الماء يقرب دقائقه بعضها من بعض فيعيق الحرارة عن تفرقها . ولما كان ضغط الهواء على قم الجبال اقل مما على سفوحها كانت درجة الغليان على القمم اسفل مما على السفوح . وعلو ووجدت درجة غليان الماء ١٨٢° ف على ارتفاع ١٥٨٠٠ قدم في الجبل الابيض واكثر من ٢١٢° ف في قعر بعض المعادن العميقة . ولذلك يعسر الطبخ بالماء من انحطاط درجة غليانه على القمم الشائعة . وكلما قل ارتفاع الجبال ارتفعت درجة الغليان وصح الطبخ . وهذا الارتفاع بالمهبوط او المهبوط بالارتفاع يجري على قياس وهو درجة واحدة في كل ٥٩٦ قدماً من الارتفاع فيمكن استخراج اعالي الجبال من درجة غليان الماء عليها استخراجاً تقريباً

ويظهر ارتفاع درجة الغليان بالضغط مما يأتي : املاً زجاجة ماء الى نصفها (الشكل ٢١٥) واغلقها مدة على النار ثم سدّها حالاً وافلها فيكف الماء عن



الشكل ٢١٥

الغليان لان البخار الذي تحوّل عنه بضغطه فيمنعه من الجيئان . ثم غطّ استنجية في الماء البارد واعصرها على الزجاج فيعود الماء الى الغليان بعد سكونه لانّ الماء البارد يكتف البخار فيسببه فيرجع البخار ماء وبزول ضغطه فيعود الغليان الى ان يتحوّل بعض الماء الى بخار يكفي ضغطه لتوقيف الماء عن الغلي . ثم يعود البخار ماء اذا عصر ماء بارد على الزجاج للسبب المتقدم . ولا يزال الغليان يجري وينقطع حتى تصبح حرارة الماء اقل من

حرارة الدم قليلاً فيبطل كلياً * واذا كانت سداة الزجاج محكمة تمنع الهواء

من الدخول اليها فكلما اصاب الماء جوانبها صلصل صلصلة المعادن لانه لا يوجد هواء يضعف صوته. ويتضح ما نحن بصدده من الطريقة المائية وهي عبارة عن انبوبة من الزجاج تملأ ماء الى نصفها ثم تحبس حتى يتحول بعض مائها الى بخار ويحل محل الهواء فيها وتصر من فيها وتسد سدا تاما. فتى برد البخار فيها سال وبقي حلة فارغا فيتل الماء فيها من طرف الى طرف كالرصاص . واذا اُليست حينئذ تحول بعض مائها الى بخار بجمارة اليد

(٣٦١) حرارة بخار الماء العالي * ان الماء لا ترتفع حرارته عن درجة الغليان مهما زادت عليه الحرارة ما لم يحصر بخاره كما سيأتي . لانه متى بلغ درجة الغليان كفت الحرارة عن رفع درجته وصرفت على تمدده وتكبير حجمه ولذلك تجد حرارة البخار الصاعد عن الماء العالي مثل حرارة مائه والحال ان فيه ٢٧٢° ف من الحرارة زيادة عما في الماء العالي . وهذه الحرارة الزائدة تختفي في البخار وتمده وتكبر حجمه فتصير التبراط المكعب من الماء ١٧٠٠ فبراط مكعب من البخار . فاذا رجع الماء البخار الى السهولة ظهرت كل الحرارة المختفية فيه . وعليه يعملون البخار لاحياء البيوت ونحوها بارسالها اليها في انابيب يتكاثف فيها ويسيل * وبخار الماء العالي شفاف لا يرى كما يتضح من النظر اليه عند اول خروجه من بلبل الابريق . وانما يرى بعيد ذلك عند ما يبرد فيتكاثف ويصير نقطة صغيرة تعوم في البخار الحقيقي

(٣٦٢) التبخير والاسباب المجتمعة له * ذكرنا من تغييرات

الحرارة للأجسام التمدد واسالة الاجسام والبخر فبقي علينا ان نذكر التبخير ومعنى التبخير هنا غير البخر وهو ان يتكون البخار تكونا بطيئا ليس على درجة الغليان كالخبز بل على كل درجة من درجات الحرارة الاعيادية كما يشاهد في جفاف ماء البرك

والثياب المنشورة في الهواء وجفاف العرق عن الجسد وما
شاكل ذلك. فان الماء يتغير في النضاء ولو كانت الحرارة على
درجة الجليد والثياب تنشف ولو اشتد البرد ولا سيما اذا هبت
عليها الريح فأبدلت الهواء الرطب المباشر لها بهواء أجف منه
وأخف فيتشرب كثيراً من مائها. واذا اتسع السطح المعرض
للحرارة كثر تبخيره لما فيه من السائل ولو كانت الحرارة لطيفة.
وعلى ذلك يستخلصون من السوائل الجوامد الذائبة فيها بتقليل
السائل وبسطه على سطح متسع. ألا ترى ان الذين يستخرجون
الملح من الماء الملح يصبون مقداراً من الماء على سطح متسع فلا يمضي
زمان طويل حتى يجف الماء ويبقى الملح

ولا يخفى انه كلما زادت الحرارة على السائل عجلت تبخيره كما هو واضح.
ويستعمل تبخير السائل ايضاً اذا تجدد الهواء عليه لانه اذا كثر البخار فيه لم يعد
يسع بخاراً كالهواء القليل البخار. فاذا بقي الهواء المنقى رطوبة على السائل منعه
من التبخير واما اذا بدّل بهواء أجف منه فيبقى التبخير جارياً على حاله وان
يزيد. ويستعمل التبخير ايضاً اذا قلّ الضغط عن السائل كما يستفاد من
(عد ٢٥٦) ولذلك اذا خفّ الهواء لسبب من الاسباب استعمل التبخير. ومما
الحكم جارٍ في الصنائع فانهم اذا شاءوا تعجيد الحليب او تركيز شراب السكر
(اي تبخير بعض مائه) وضعوه في اوعية وفرغوا الهواء عنها فيسرع تبخير
الشراب لما فيه من الماء على حرارة سافلة لا يخفى ان تهرقة

(٢٦٢) التبريد بالتبخير * اذا تحول السائل الى بخار اخفى جانب من
حرارته في ذلك البخار (عد ٢٤٣) فتهبط حرارة السائل. وعلى ذلك يشعر

الانسان بالبرد بعد تحوّل عرقه الى بخار . ويبرد الماء في الابار بقى اذا هبّت عليها ريح شرقية جافة حارة وحولت كثيراً من مائها الى بخار . وتبرد الازفة صيفاً اذا رُسّت بالماء وبخّرتة . وتجمّد السوائل اذا بُخّرت كما ياتي : مثلاً صفحة صغيرة (الشكل ٢١٦) ماء مثلاً وتوضع على وعاء أرواح اي قريب النعر ب مملوء من الحامض الكبريتيك وموضوع على صفيحة منزعّة الهواء . ثم قلب القالبه عليها ويُنزَعُ الهواء منها . فيرتفع ضغطه عن الماء فيبخر الماء بجلاء (عد ٢٦٢) حتى يضغط البخار الصاعد منه كما كان بضغطه الهواء . ثم ان



الشكل ٢١٦

الحامض الكبريتيك يمتص البخار بما فيه من الشراية اليه فيرتفع ضغطه عن الماء ويبخر الماء ثانية بخاراً يمتصه ايضاً الحامض الكبريتيك . وبهذا التبخير يبرد الماء حتى يجمد . كلما يصنع الثلج في بعض الاماكن . وقد مزجوا سائل اكسيد

النيتروس بسائل في كبريتيد الكربون وفرغوا الهواء عنها فيجرا وهبطت حرارتها بالتبخير الى -٢٢° ف . وهذه اسفل حرارة يستقيمون - لنضاه الحاجات^(١)

(٢٦٤) الحالة الكروية * اذا قُطِرَت قطرات قليلة من الماء في كأس معدنية محمية الى الحمرة صارت كرة مستديرة وتراقصت في الكاس ولم يصغر حجمها الا قليلاً . وسبب ذلك ان جانباً منها يتحوّل الى بخار فيفصل بينها وبين سطح الكاس والهواء يحسّ بلامسئو لسطح الكاس فيجري في مجاري تحملها فتتراقص كما ذكرنا . واذا بردت الكاس قليلاً ففقدت النفط كرويتها ومست سطح الكاس راساً فتتحوّل الى بخار وتنفخ فنمّا لطيفاً

وعلى ما تقدّم يمكن للانسان ان يمسّ سطحاً مستويّاً من الحديد الحامي ولا

(١) لما سيلوا الاكسجين والنيتروجين والهيدروجين وباقي الغازات الثابتة سنة ١٨٧٧ فبعد رجوعها بفضة الى الغازية هبطت درجة الحرارة الى -٥٠٨° ف على ما قدّر بعض العلماء

يجترق اذا بلل كفه لان الماء يتكثف بالكيفية المذكورة فيقي الكف من ألم الحر
وعليه ايضا قد يغط صابوا الحديدايد بهم مرطبة في الحديدا المصهور ولا يلدعون
ولعل الذي يروى انهم كانوا يمشون على السكك الحماة الى الحمرة ولا يثاءون
كانوا يبلون افلامهم كما ذكر

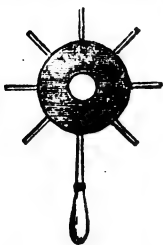
الفصل الثالث

في ابصال الحرارة

(٣٦٥) نقل الحرارة * حيثما وجدت الحرارة طلبت الانتقال
الى ما حولها من الاجسام على التساوي بطريقة من ثلاث طرق
وهي النقل والحمل والاشعاع فالنقل هو انتقال الحرارة من دقيقة
الى دقيقة من دقائق الجسم . مثاله : ضع راس الملقط في النار
وابقي يدك على مقبضه فتشعر بمحموه بعد قليل لان حرارة النار
تنتقل على الملقط من دقيقة الى دقيقة حتى تنتهي من راسه
الى مقبضه

وبين الاجسام تفاوت من حيث نقلها للحرارة فالتى تنقلها جيذا تسمى
موصلات جيدة للحرارة والتى لا تنقلها جيذا تسمى موصلات رديئة . ونعرف
جودة ابصال الجوامد ورداءتها كما ياتي : يصنع قرص مستدير من الفحاس

الاصفر (الشكل ٢١٧) ويثبت حرفه ثقباً متعددة ويدخل في ثقبه قضبان



الشكل ٢١٧

ذات مقايير واحد وطول واحد من معادن مختلفة ويحترق في طرف كل منها حفرة توضع فيها قطعة من النقصور. ثم يحمى القرص فالذي تشتعل فيه قطعة النقصور أولاً من القضبان يكون أجودها ايصالاً للحرارة والذي تشتعل فيه قطعة النقصور ثانياً يتلوها في الأجودة ولم يجراً . كلا علم ان المعادن اجود الموصلات ثم الرخام فالصيني فالقزميد فالخشب (ولا سيما على عرض الهافو) فالزجاج

ويتلو الأجود في جودة الاِصال السوائل فاذا احسينا الماء بتدبير على لمب القنديل الكهولي على ما يكون منه قرب اللهب وبقي اعلاه بارداً لانه موصل ردي . ويتلو السوائل الغازات فانها اشد الموصلات . وما اتسعت مسامته كالصوف والفرو والتلج والشمع ونحوها فهو موصل ردي لان الهواء يشغل مسامته والهواء غاز ردي . الاِصال . ولذلك بينون للشاي جدراناً مزدوجة يملأون ما بينها فحمًا او نشارة او جسمًا آخر ما لا يوصل الحرارة جيداً فلا يذوب ثلجها . ولقلة اِصال الهواء يمكن للانسان ان يدخل فرناً حاراً جداً واذا وضع فيه لحم او يرض على رف معدني فنجما من شدة الحر ولكنه لا يشعر بألم ما دام بعيداً عن الموصلات الجيدة .

وعلى ما تقدم يلف التلج بالصوف او بطر بالطين لكي لا يذوب . ويستقر لبس الكتان صيفاً والصوف شتاء لان الكتان موصل جيد فينقل حرارة الجسد ويبرده والصوف موصل ردي فلا ينقل حرارة الجسد ولذلك يدفئه . واذا وضعت بلاطة على بساط في محل ما كانت ابرد من البساط لانها اجود منها ايصالاً . واذا لمسنا جسمًا ابرد سلب حرارتنا فنقول انه بارد وانما لمسنا جسمًا احرر منا سلبنا حرارته فنقول انه حار . فاعتبارنا لحرارة الاجسام وبرودها متوقف على جودتها وردائها في الاِصال

(٢٦٦) حمل الحرارة * الحمل انتقال الحرارة على الاجسام
بواسطة دوران دقائقها وهو إما في السوائل او في الغازات ولا
يكون في الجوامد



الشكل ٢١٨

اما في السوائل فينضج ما ياتي : ضع مسحوق الكبرياء في
وعاء فيه ماء بارد فيعوم فيه لان ثقلة النوعي كثقل الماء
النوعي . ثم اذا وضع الوعاء على لمب القنديل الكهولي تمدد
الماء الاقرب الى اللهب وخف فبصعد ويهبط ماء ابرد
واتقل منه الى مكانه وهذا يتمدد ويخف ولم جراً فتحمل
الحرارة من اسفل الماء الى اعلاه بدوران دقائقه الساخنة جارية

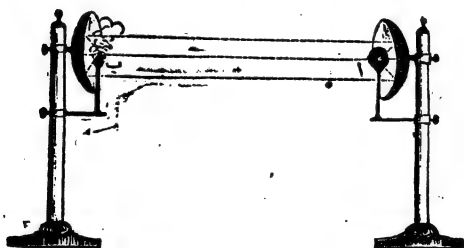
من الاسفل الى الاعلى والباردة من الاعلى الى الاسفل كما ترى في الشكل ٢١٨
واما في الغازات فينضج ما ياتي : افتح باب غرفة دافئة بعض الفتحة وضع
شمعة متقدة في اعلاه فيخرف لمبها الى الخارج لان هواء الغرفة حار فتصعد
دقائقه كما تصعد دقائق الماء الحار وتخرج من اعلى الباب فيخرف لمبها
الى الخارج . ثم ضع الشمعة في اسفل الباب فيخرف لمبها الى الداخل لان
هواء الخارج ابرد واتقل من هواء الغرفة فيجري دقائقه الى الغرفة من الاسفل
ويخرف لمبها الى الشمعة * وعلى هذا المبدأ يتجدد هواء الغرفة . وتضرم النار
في الوجافات . فان هواء الغرفة البارد يدخل الوجاق من بايو فيشعل ناره
ثم يستغن فيتمدد ويحمل الدخان ويصعد به من انايب الوجاق * وعلى مبداء
حمل الحرارة تحدث تيارات الماء وهب رياح الجلد كما سيجي

(٢٦٧) اشعاع الحرارة * الاشعاع ايصال الحرارة بسير
شعاعها في خطوط مستقيمة . فاذا وقفنا بجانب النار شعرنا
بحرارته لانها توصل حرارتها اليها في شعاع مستقيمة كما ترسل

نورها الينا كذلك . وعلى هذا المنوال توصل الشمس حرارتها الى الارض

وما دامت الحرارة مارة في اوساط لا تمنعها من المرور فيها لا توصل اليها شيئاً من حرّها واما اذا وقعت على معارض يصدّ امواجها عن المرور فيه فتوصل حرّها اليه ونحسبه . ولذلك تنفذ حرارة الشمس الفضاء ولا تحسبه وينضج اللحم باشعاع الحرارة تحته ولو كان الهواء حوله على درجة الجليد * ولا يقتصر اشعاع الحرارة على الاجسام النيرة كالشمس والنار بل يعمّ كل الاجسام فالابرق الملائن ماء سخناً يشعّ حرارة الى كل الجهات والملائن ماء بارداً يشعّ حرارة ايضاً ولكن اقلّ مما يشعّ ذاك . وكلما ابعدت اشعة الحرارة عن الجسم الذي يشعها قلت كثافتها كمرّيع بعدها عنه فاذا ابعدت ذراعين صارت كثافتها ربع ما كانت عليه على بعد ذراع واحدة فقط كما مرّ في النور (عد ٢٥٢)

(٢٦٨) انعكاس الحرارة * اذا اشعّت الحرارة من جسم الى آخر انقسمت عادة الى قسمين احدهما يدخل الجسم فيمتص به ويرفع درجة حرارته او ينفذه والاخر ينعكس عنه كما ينعكس



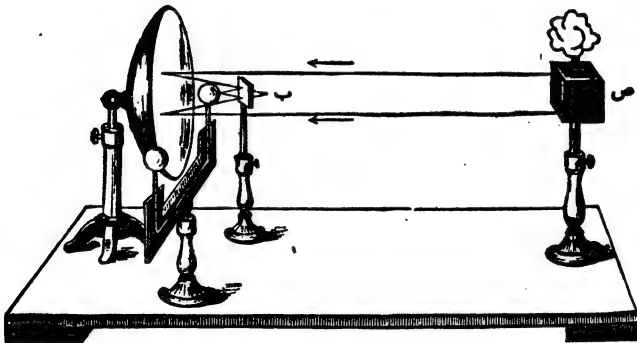
الشكل ٢١٩

الجسم المرن عن الحائط . وهذا الانعكاس يجري على ناموس

انعكاس النور اعني ان زاوية الوقوع تعدل زاوية الانعكاس
(عد ٢٥٦)

ولبيان ذلك ضع مرآتين مقعرتين الواحدة قبال الاخرى (الشكل ٢١٢)
وعلى بعد عشر اذرع منها وضع جسماً حامياً في البؤرة الرئيسة لاحتلاما وجسماً
سريع الاشتعال كالبارود ب في البؤرة الرئيسة للأخرى. فيشتعل البارود لان
الجسم الحامي اشع حرارته الى كل الجهات فانعكس بعضها متوازيًا عن المرآة
القريبة منه (عد ٢٦٤) ثم انعكس عن المرآة القريبة من ب وتجمع على ب
فاشعله. ولولم تكن الزاوية التي انعكست عليها الحرارة عن المرآة الثانية مساوية
للزاوية التي انعكست عليها عن المرآة الأولى لم تجتمع في البؤرة الرئيسة للمرآة
الثانية ولم تشتعل البارود. وقد مر الكلام في النور عن كل ما يلزم ذكره في
انعكاس الحرارة فلا حاجة الى اعادته هنا

(٢٦٩) قوة الاجسام على عكس الحرارة * بين الاجسام
تفاوت في عكسها للحرارة فبعضها يعكسها اكثر مما يعكسها البعض



الشكل ٢٢٠

الآخر. وقد تقدم ان الحرارة التي تنفع على الجسم تنعكس عنه وتنقص

به اذا لم تنفذ منه فكل ما يعكسها كثيراً يمتصها قليلاً وكل ما يعكسها قليلاً يمتصها كثيراً

وقد اوضح لسلي كيف تعرف كمية الحرارة المنعكسة عن الاجسام كما يأتي: ملأ مكعباً من الفلك ص (الشكل ٢٢٠) ماء غالياً ووضعه امام مرآة منقرة بحيث اذا وقعت شعاع الحرارة منه على المرآة تنعكس الى بورتها ب. ثم وسط بين المرآة وبورتها صفائح مربعة من الورق والزجاج والحديد والفخاس وغيره ما اراد ان يعرف قوة عكس الحرارة ووضعا بحيث ان كل واحدة منها تعكس اشعة الحرارة الى بورة أخرى امامها. ووضع في هذه البورة احد بلبوس ترمومتر التفاوت فاستدل منه على درجة الحرارة المنعكسة عن كل صفيحة. فوجد ان صفائح الفخاس الاصفر الصفيح تعكس الحرارة أكثر مما سواها وصفائح الفضة تعكسها $\frac{1}{11}$ عكس الفخاس الاصفر والقصدير $\frac{1}{11}$ والزجاج $\frac{1}{11}$ والصفائح المدخنة او المبللة بالماء لا تعكس شيئاً بل تمتص الحرارة كلها

(٢٧٠) امتصاص الحرارة: اذا لم يعكس الجسم الحرارة ولم يمتصها من النفوذ فيه يمتصها اي انه يبطل حركة امواجها. وبين الاجسام تفاوت في امتصاص الحرارة. وقد اوضح لسلي كيف يعرف مقدار امتصاص الجسم للحرارة كما اوضح كيف يعرف عكس الاجسام للحرارة (عد ٢٦٩). الا انه وضع بلبوس ترمومتر للتفاوت في بورة المرآة ولبسة الاجسام التي اراد ان يعرف مقدار امتصاصها فوجد انه اذا لبسة هبأاً او رطباً بالماء يرتفع الترمومتر اعظم ارتفاعاً واذا لبسة ورق المعادن الرقيق ولا سيما ورق الفضة يهبط

اعظم هبوطه فحق بذلك ان اجود الاجسام لعكس الحرارة اردادها
لامتنصاصها وارداها لعكس الحرارة اجودها لامتنصاصها

(٢٧١) قوة الاجسام على اشعاع الحرارة * وقد اوضح ليلي المذكور كيف
يعرف مقدار اشعاع الاجسام لحرارتها وذلك انه عرّى بلبوس الترمومتر
(الشكل ٢٢٠) والبس اوجه المكعب ص بالاجسام المار ذكرها فكان يلبس
وجهها زجاجاً مثلاً ووجهها آخر ملبأ وآخر ورقاً ابيض وينترك الرابع على ما
هو. ثم ادار كل وجه منها نحو المرأة ونظر الى الترمومتر امامها. فوجد كذلك
ان الوجه الملبس الملبس يرفع الترمومتر اعظم الارتفاع ثم الملبس الورق ثم
الزجاج ثم المعدن. وذلك يوافق قوة هذه الاجسام على امتصاص الحرارة فحق
ان اصح الاجسام لامتنصاص الحرارة اصلحها ايضاً لاشعاع الحرارة اي لافراجها
منه. واثبت غيره ان مقدار الاشعاع مناسب لمقدار الامتنصاص

(٢٧٢) الاسباب التي تؤثر في قوة الاجسام على الاشعاع والعكس
والامتنصاص * قلنا ان اشعاع الاجسام للحرارة مناسب لامتنصاصها لما وان
امتصاصها للحرارة معاكس لعكسها لما فكل ما يزيد الاشعاع والامتنصاص يقلل
العكس وكل ما يزيد العكس يقلل الاشعاع والامتنصاص. وكما ان بعض الاجسام
اصلح من غيرها للعكس وبعضها اصلح للاشعاع والامتنصاص كذلك الجسم
الواحد يكون احياناً اصلح للاشعاع والامتنصاص واحياناً اصلح للعكس حسبما
تكون حالته من الصقالة والخشونة والكثافة وحسب ميل اشعة الحرارة الواقعة
عليه وطبيعة مصدر الحرارة. اما الصقالة فلانها بقطع النظر عن باقي الصفات
المذكورة تزيد عكس الحرارة وتقلل اشعاعها وامتنصاصها. واما الخشونة فلانها
بقطع النظر عن الصفات المذكورة تعمل عكس عمل الصقالة اي تقلل عكس
الحرارة. واما ميل الاشعة فلانه كلما قربت الاشعة الى العمودي زادت قوة
الاجسام على الامتنصاص. ولما كانت اشعة الشمس تقرب شيئاً الى العمودي في

وقوعها على الارض وتتحرف شتاء عنه كان الامتصاص في الصيف عظيماً والحر شديداً وكان الامتصاص في الشتاء قليلاً والحر ضعيفاً. وإما كثافة الجسم المشع فلانه اذا أشعل غاز كهاز المهدروجين كان اشعاعه ضعيفاً جداً لانه لطيف مع ان حرارته شديدة ولذلك اذا وضعت فيه شريطة من الهلاتين فعند ما نصير بمرارتو نشع حرارة كثيرة. وللهذا السبب يشع ضوء الزيت حرارة اعظم ما يشع ضوء المهدروجين مع ان ضوء المهدروجين احمر من ضوء الزيت لان الزيت يحتوي كربوناً بزيادة فما لا يكمل احتراقه في اللهب يحترق فيه الى الانارة. وإما طبيعة مصدر النور فيظهر تأثيرها اذا لبست صفيحة رصاصاً ابيض وقربت من قنديل ومن مكعب فيه ماء سخن حرارته كحرارة القنديل فانها تمتص من حرارة المكعب ضعفي ما تمتصه من حرارة القنديل. وإما اذا لبست هباباً عوضاً عن الرصاص وقربت من القنديل والمكعب فتمتص مقداراً واحداً من حرارة المصدرين

(٢٧٢) فوائد الاشعاع والعكس والامتصاص * الاجسام البيضاء كالقطن والجوخ والصوف ونحوهما من المواد النباتية والحيوانية تعكس اشعة الحرارة الواقعة عليها من جسم منير كالشمس أكثر مما تمتصها بخلاف الاجسام السوداء ولذلك يفضل لبس الازدية البيضاء صيفاً. اذا أريد ابقاء الماء سخناً زماناً يوضع في وعاء صقيل لامع من النحاس او نحوه لانه لا يشع الا قليلاً من حرارة الماء. ان الثلج يعكس الحرارة كثيراً ويشعها وبتنصها قليلاً فاذا غطى المزروعات وقاما من الصقيع واذا كان فيه فم او حطب او جسم آخر اسود اللون ذاب (الثلج) سريعاً من حوله بالحرارة التي تمتصها ذاك الجسم الغريب. يجب ان تكون القدر سوداء خشنة من الخارج فبكثر امتصاصها للحرارة ويبسخ ما فيها سريعاً. اذا كان العنب او غيره بقرب حائط اسود اللون فبسخ باكراً لان الحائط يمتص كثيراً من الحرارة ويشعها اليه فيسخنه وينضجها بها. ان الزيوت والاجسام الدهنية تعكس الحرارة كثيراً وبتنصها قليلاً. فيد من سكان الاصفا

الثالثة لتحفظ حرارتهم عليهم فيدقأوا ويد من بها سكان البلاد الحارة لكي لا تنص اجسادهم حرارة من الخارج ونعفن فهي تقضي غرضين متضادين .
وفس على ما ذكر ما لم يذكر

(٢٧٤) نفوذ الحرارة * ان النور ينفذ كل جسم شفاف ولو اختلفت مصادره واما اشعة الحرارة فلا تنفذ كل جسم شفاف اذا اختلفت مصادرها فحرارة الشمس تنفذ كل الاجسام الشفافة كالنور واما الحرارة المشعة عن جسم في الارض فسواء كانت منيرة او مظلمة لا تنفذ بعض الاجسام الشفافة . وقد تقدم (عد ٢٢٤) ان الوسط الذي تنفذ الحرارة يقال له دياثرمي والذي لا تنفذ يقال له اثرمي . والآن نقول ان الوسط الواحد قد يكون دياثرمياً لحرارة آتية من مصدر واثرمياً لحرارة آتية من مصدر آخر فالزجاج العديم اللون دياثرمي لحرارة الشمس فتنفذه كما ينفذه النور . واثرمي لحرارة النار وعلى الخصوص لحرارة مكعب لسلي (عد ٢٦٩) . والماء تنفذ حرارة الشمس يسيراً ولا تنفذ حرارة مكعب لسلي

وعلى ذلك تنفذ حرارة الشمس الهواء والبخار المائي الذي فيه وزجاج النوافذ ثم تنصها الارض وما عليها وتشمها امواجاً مائلة طويلة بطيئة فلا نستطيع والحالة هذه ان تنفذ بخار الماء في الهواء بل نجس فيه لتدقأها المخلوقات الارضية . ولو زال البخار المائي من الهواء لكثرت اشعاع الارض للحرارة واشتد زهرها حتى لم تعد تصلح لدوام حياة ما عليها من المخلوقات الحية . فان

الصحراء قد يحدث فيها الجليد ليلًا مع كل حرّما نهارًا لأنها تشعّ حرارتها اشعاعًا مفرطًا بسبب جفاف موائها وهذا الاشعاع التابع لجفاف الهواء سبب من اسباب البرد على الاعالي العظيمة والجبال الشامخة



الفصل الرابع

في الآلة البخارية

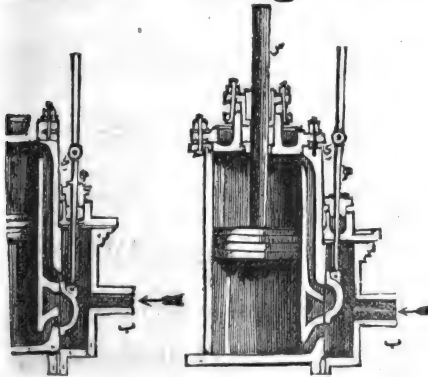
(٢٧٥) قوة مرونة البخار المائي * البخار المائي جسم مرن فاذا بخّره الماء الغالي من وعاء مكشوف كانت قوة مرونته مساوية لضغط الهواء اي ١٥ ليبرا على الفيراط المربع (عد ١٦٥). واما اذا سدّ الوعاء فانحصر فيه البخار ولم يتيسّر له ان يتمدّد بارتفاع درجة الحرارة في مائه فتزيد مرونته جدًا على نسبة اعظم من نسبة ارتفاع الحرارة

لانه اذا ارتفعت درجة الحرارة من ٢١٢° ف الى ٢٥١° ف فقط زادت قوة المرونة في البخار ما يساوي جلدًا واحدًا الى ما يساوي جلدَين . واذا ارتفعت الحرارة الى ٢٧٥° فقط ساوت قوة مرونته ثلاثة اجلاد. واذا ارتفعت الحرارة الى ٢٠٧° ساوت قوة مرونته خمسة اجلاد. واذا ارتفعت الحرارة الى ٢٥٩° ساوت قوة المرونة عشرة اجلاد. واذا ارتفعت الحرارة الى ٢٩٢° ساوت

قوة المرونة خمسة عشر جلداً . وإذا ارتفعت الحرارة الى ١٨٠° ساوت قوة المرونة عشرين جلداً ولم تجرأ . فيكون مقدار زيادة الحرارة اقل جداً من مقدار زيادة قوة المرونة

ولذلك اذا انحصر البخار وزيدت الحرارة ازدادت قوة مرونته ازدياداً عظيماً فيضغط جدران الاناء المحصور فيه حتى يشققها ويمزقها كل ممزق اذا لم يجد منها منفذاً . وعلى قوة مرونة البخار هذه مدار الآلة البخارية كما سنرى

(٢٧٦) الآلة البخارية* الآلة البخارية اسم لكل آلة تستعمل فيها قوة مرونة البخار لتحريك الاجسام وقضاء الاعمال . وهي على صور شتى لا ضابط لها ولكنها لا تخلو من أن تكون عالية الضغط او سافلة الضغط . فالعالية الضغط هي التي تزيد قوة مرونة البخار فيها عن ١٥ ليبرا للقيراط المربع ويفلت البخار منها الى الهواء بعد استعماله .



الشكل ٢٢١

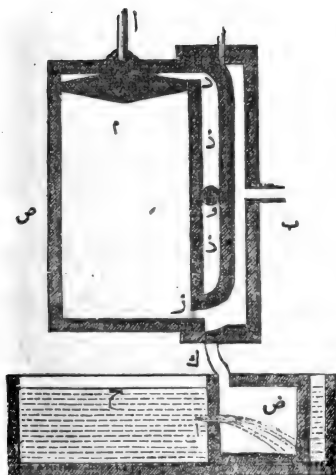
والسافلة الضغط هي التي لا تزيد قوة مرونة البخار فيها كثيراً عن ١٥ ليبرا للقيراط المربع عادة ولا يفلت البخار

منها الى الهواء بعد استعماله بل يسيل في وعاء بالماء البارد كما

سيأتي (عد ٢٧٨)

(٢٧٧) اسطوانة الآلة البخارية * الاجزاء المجهزية التي لا بد منها في الآلة البخارية خلتين يغلى الماء فيها ليتصاعد عنه البخار. واسطوانة يدخل اليها البخار. ومدك يصعد وينزل في الاسطوانة باحكام بقوة مرونة البخار. ترى صورة الاسطوانة والمدك في الشكل ٢٢١ هذه الاسطوانة مثقوبة من جانب من جوانبها تدين احدهما في الاعلى والآخر في الاسفل. ومدك كما س يصعد وينزل فيها باحكام تام. وهذه الحركة اى صعود المدك ونزوله هي كل ما يطلب الحصول عليه من الآلة البخارية ولذلك يقتضي ايضا الحصول عليها بالتفصيل اذا امكن النظر في القضيبة رأيت منها من اسفل بقوس. فهنا القضيبة وقوسه يسميان معاً المصراع المزلق لانه يتزلق على جانب الاسطوانة فيسد ثارة الثقب الاعلى كما ترى عن يمين الشكل وطوراً الثقب الاسفل كما ترى عن يسار الشكل. ثم لنفرض ان البخار تصاعد عن الخلتين مرتاً جداً وجرى في الانبوبة ب في جهة السهم فدخل اولاً الى غرفة البخار وهي الغرفة التي فيها المصراع المزلق. ولنفرض ايضاً ان المصراع المزلق أخذ في الارتفاع بحيث يسد الثقب الاعلى ويفتح الثقب الاسفل كما ترى عن يمين الشكل وان المدك في اسفل الاسطوانة. فالبخار يجري من غرفة البخار الى اسفل الاسطوانة من ثقبها الاسفل ولا يجري الى اعلى الاسطوانة لان المصراع المزلق يعترض بينه وبين ثقبها الاعلى. ولا يزال يتجمع في اسفل الاسطوانة تحت المدك حتى تصير قوة مرونته كافية لرفعها فيرفعه. وقبلما يبلغ المدك اعلى الاسطوانة ينزل المصراع المزلق فيسد الثقب الاسفل ويفتح الثقب الاعلى. فيجري البخار حينئذ من غرفته الى اعلى الاسطوانة من ثقبها الاعلى ويتصاعد عن الثقب الاسفل لان المصراع المزلق حائل بينها. ولا يزال البخار يتجمع في اعلى الاسطوانة فوق المدك حتى تصير قوة مرونته كافية لانزاله. فينزل المدك في الاسطوانة وتحت

فراغ لان البخار الذي تحته يخرج من الثقب الاسفل الذي دخل منه. ثم يرتفع
المصراع المزلق فيفتح الثقب الاسفل ويسد الثقب الاعلى فيدخل البخار الى
اسفل الاسطوانة ويرفع المدك. فيرتفع المدك وفوقه فراغ لان البخار الذي فوقه
يخرج من الثقب الاعلى الذي دخل منه. وعلى هذا الاسلوب يصعد المدك
ويتزل في الاسطوانة بقوة البخار فتحصل الحركة المطلوبة



الشكل ٢٢٢

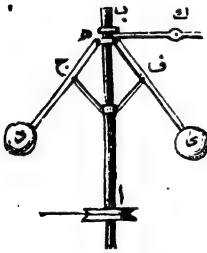
واما البخار الذي يخرج من الثقبين
فيجتمع ضمن قوس المصراع المزلق
ويجري في انبوبة من تجويف هناك الى
حوض ماء بارد حيث يتكاثف ويسيل^(١)
ويتضع لك ملا من الشكل ٢٢٢ ب
انبوبة البخار وص الاسطوانة وم المدك
وذ ذ المصراع المزلق في غرفة البخار ود
الثقب الاعلى في الاسطوانة وز الثقب
الاسفل وو التجويف الذي يخرج البخار
اليه وك الانبوبة التي يجري البخار فيها من

التجويف وض حوض الماء البارد الذي يتكاثف البخار ويسيل فيه وسي
الضاغط وح حوض آخر للماء البارد يحيط بالضاغط ليبقى ماء بارداً وللبدة
بالماء البارد من الحنفية ل

(١) هذا يكون في الآلة السافلة الضغط واما الآلة العالية الضغط فالبخار يطرد فيها
من تحت المدك ومن فوق الى الهواء. وبما انه يكون اتصال بين الهواء وبين البخار الذي
تحت المدك والذي فوقه فالمدك لا يرتفع ولا ينخفض ما لم يقاوم ضغط الهواء (اي هـ) ليرتفع على
القيراط المربع فتكون قوة مرونة البخار الذي يرفع المدك او ينزله في الآلة الهوائية الضغط
اعظم من قوة البخار في الآلة السافلة الضغط فيجاء واحد. ولذلك سميت عالية الضغط

(٢٧١) الخلفين * واما الخلفين فتكون غالباً اسطوانة كبيرة على اشكال متعددة حسب ما تستعمل له والمعناد في ما كان متفناً منها ان تمتد في داخله انابيب تجري اليها حرارة النار ويصب الماء حول هذه الانابيب فيتحول في الخلفين الى بخار تزايد قوة مرونته بانحصاره فيها ويجري منها في انبوبة البخار حتى يصل الى الاسطوانة كما تقدم. ويصب الماء في الخلفين بطلبها ترفعه من الضاغط بعد ان يسخن فيه. وان لم يكن لها ضاغط تصب الطلب الماء فيها بارداً

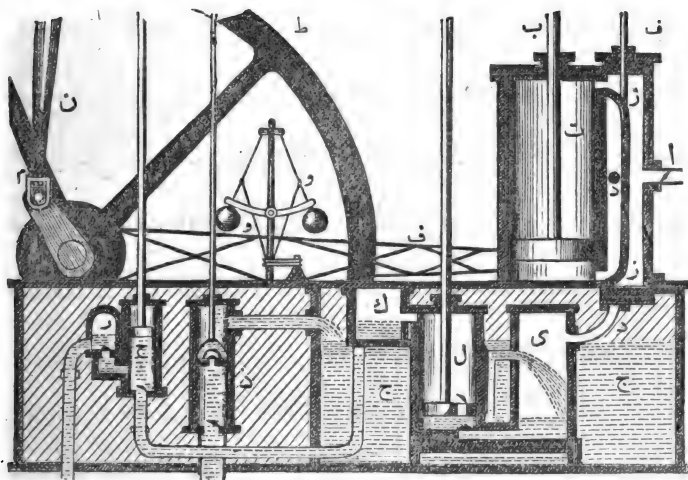
(٢٧٢) الوالي * من الادوات المهمة في الآلة البخارية الوالي (الشكل ٢٢٢)



الشكل ٢٢٢

والغرض منه تعديل حركة المدك في الاسطوانة. وهو مركب من كرتين دوي متصلتين بزندان فوج وتدوران على المحور ا ب. وهذا المحور متصل بمصراع في انبوبة البخار. فاذا كثر البخار الداخل الى اسطوانة المدك بحيث يحرك المدك تحريكاً سريعاً اسرع دوران الكرتين ايضاً فتنباعلن بقوة التباعدهن المركز وتدبران المصراع المذكور بحيث يحول دون دخول البخار فلا يبر منهُ الا مقداراً كافياً ولذلك تقل السرعة عما كانت. واذا قل البخار الداخل الى الاسطوانة قلت سرعة المدك وسرعة دوران الكرتين في الوالي ايضاً فتدبران المصراع بحيث يفتح السيل للبخار فيدخل منه الى الاسطوانة ما يكفي لجعل سرعة المدك بقدر المطلوب
فهذه اشهر اجزاء الآلة البخارية ويلحق بها اجزاء اخرى كثيرة لاغراض

شقي نذكرها ونبين كيفية استعمال حركة المدك لنضاء الاعمال في وصف الشكل الآتي : وهو صورة آلة بخارية ساقلة الضغط . انبوبة البخار ترى فيها المصراع الذي يضيق به الوالي مدخل البخار ويوسعه . ووز المصراع المرحلق في انبوبة البخار . ودد الانبوبة التي تحمل البخار الخارج من الاسطوانة الى الضاغطي



الشكل ٢٢٤

ول طلبا نحب الماء الساخن من الضاغطين ونصبه في حوض ك . وح طلبا
اخرى نحب الماء الساخن من ك ونصبه في ر فيجري من ر الى الخلفين . وج ج
حوض الماء البارد المحيط بالضاغط والذي يمدّه بمائه . وذ طلبا يسحب بها الماء
البارد من البئر او نحوها ويصب في الحوض ج ج . وو الوالي وهو متصل
بالمصراع في انبوبة البخار ليعتدل الحركة . ويوجد ايضا نوابع اخرى
كمصاريع الآمن والعمامة لم تعرض لذكرها . وكذلك لا محل لذكر التدبير
لحركة قضيب المصراع المزحلق هنا

ويتصل قضيب المدك من اعلاه بجسر يقال له جسر الحركة وهذا الجسر يرتكز فوق عمود من هنا في الآلة وعمود من هناك عند وسطه على محور وطرفاه

بمركان على ذلك المحور الى فوق وإلى اسفل على التوالي ولم يرسم في الشكل ويكون اتصال المدك به على شكل انة كلما صعد المدك ونزل يُجَرِّكَ الجسر على محوره مرة واحدة اذ يرفع احد طرفيه وينزله فينزل الاخر ويصعد . ويتصل بالجسر ايضاً قضبان الطلبات الثلاث وذو ح فتجرك بمجركو . ويتصل به ايضاً دولاب الحركة ط بواسطة ن فيدور بدورانه . وفائدة هذا الدولاب الكبير انة كلما انقطع المدك عن الحركة بين صعوده ونزوله ونزوله وصعوده يعني هو متحرك باستمرار فيجرك جسر الحركة على الدوام . وتلف حول جسر الحركة وحول دولاب آلات اخرى سيور من الجلد فتوصل حركته الى الدوليب والدوليب توصل حركته الى دوليب اخرى اما راساً او بواسطة . فتجرك بمجركو دوليب كثيرة لفناء اغراض شتى

(٢٨٠) عمل الآلة البخارية وقوتها * ان مقدار العمل اى قوة العمل او زخمه في الآلات البخارية هو مبلغ العمل المكمل في وقت مفروض والوقت المصطلح عليه غالباً في العرف العام هو ثانية . ومقادير العمل تقاس بقوة حصان فيقال عن آلة ما ان لهذه الآلة قوة حصانين مثلاً ويعنى بذلك ان قوتها التي تشد بها تساوي قوة حصانين . اما قوة الحصان المعتدلة فقد عيّن لما الانكليزي في اصطلاحهم ٥٥٠ ليبرا قدمية ومعنى الليبرا القدمية رفع الليبرا من الثقل قدمًا واحدة في ثانية . واما في فرنسا فهي قوة رفع ٧٥ كيلو كرام مترًا واحدًا في ثانية وذلك يساوي ٥٤٢ ليبرا قدمية في الثانية اقل قليلاً من قوة حصان عند الانكليزي فتكون قيمة الكيلو كرام المترى $٧٢٢٢ \text{ ليبرا قدمية لان } ٧٢٢٢ \times ٧٥ = ٥٤٢$ تقريباً . فاذا اردنا ان نعرف قوة العمل الذي تعمله الآلة البخارية ننضرب معدل ضغط البخار على المدك (اى بخار الخلفين متصلاً بخار الضاغط كما رأيت في الآلة) في مساحته المدك في علو الاسطوانة في عدة الدكات (مرورات المدك من طرف الى طرف في الاسطوانة) مدة وقت مفروض فالحاصل الاخير هو قوة الآلة في ذلك الوقت . لنفرض مثلاً ان آلة بخار تشتغل بضغط $\frac{1}{2}$ جلد والضغط في

الضاغط نصف جلد فالمدل جلد واحد يعدل ١٤ ليبرا على كل قيراط مربع
(عد ١٦٥) ولنفرض مساحة المدك ٥٠ قيراطاً مربعاً (القدم الانكليزية ١٢
قيراطاً ومربعها ١٤٤ قيراطاً مربعاً) وعدد الدكات المزدوجة ٦٠ في الدقيقة
اي ١٢٠ دكة مفردة وطول الدكة ٢١ قيراطاً تكون قوة الآلة المذكورة اي
زخمها يساوي $١٤ \times ٥٠ \times ١٢٠ = ١٢٠ \times ١٤٧٠٠٠$ ليبرا قدمية في الدقيقة

ولكن النعل الحقيقي للآلة الممول عليه هو ٠.٥ الى ٠.٧ ما يتبع بعملية
الحساب التي مرت تفصيلها فتخسر من قوتها ما بين ٠.٥ الى ٠.٢ بسبب الاحتكاك
في الآلة الذي لا بد منه وباسباب أخر. ومعدل الخسارة ٠.٤ والباقي من
القوة نحو ٠.٦ فتكون القوة الحقيقية في الآلة المتقدم ذكرها ٨٨٢٠٠ ليبرا قدمية
في الدقيقة وذلك $١٤٧٠٠٠ =$ ليبرا قدمية في الثانية او $\frac{٢}{٤}$ قوة حصان تقريباً
(٢٨١) ناريخ الآلة البخارية * ان استعمال البخار لنضاء الاعمال قدم

بحسب من ايام هيروقل المسبح ١٢٠ سنة * والمظنون ان بلاسكو الاسباني
ساق يوسفينة محمولها ٢٠٠ طن ثلاثة اميال في الساعة سنة ١٥٤٢ وهي اول
سفينه بخارية. ثم تلاه غيره ممن لم دخل في اختراع الآلة البخارية الى ان صنع
سافاري آلة بخارية لرفع الماء على هذا المبدأ: يجمع البخار في وعاء ثم يصب ماء
بارد على خارج هذا الوعاء فيبرد البخار الذي فيه ناركاً موضعه فارغاً فيجبري
الى موضعه الماء المراد حبه ويفغل ذلك الفراغ. ثم يدخل البخار ثانية الى
الوعاء فيرفع الماء منه بقوة مروتنه ويرفعه الى مكان اعلى حسب المطلوب
وهكذا يقال ان يابن النرساوي كان اول من استعمل المدك في الاسطوانة
سنة ١٦٩٠ وأنه صنع اسطوانة عمودية مسدودة من اسفلها ومنفوحة من اعلاها
وانزل فيها مدكاً وكان يدخل البخار اليها فيرفع المدك. ثم يقطع البخار عنها
حتى تبرد ويتكاثف البخار الذي فيها ويهبط تحت المدك فيترل المدك وراه
بضغط الهواء له

والحق انه في سنة ١٧٠٥ صنع نوكنين وكولي الانكليزيان آلة بخارية

لرفع الماء بواسطة مدك يصعد وينزل في الاسطوانة كما في (الشكل ٢٢٥) : ١

اتون توقد فيه النار تحت الخلفين خ

و فتبخر الخلفين بخاراً يصعد الى الاسطوانة

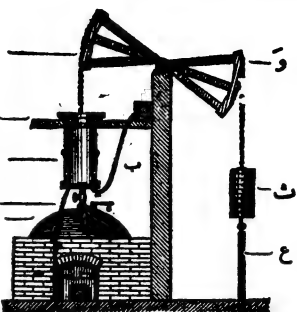
س ويرفع المدك د فيرتفع الجانب ومن

الجسر المتصل بالمدك بلسلة ويهبط

الجانب و بالتقل ث ويهبط معه ع عصا

الطلباء المراد سحب الماء بها . ثم تسد

الحنفية التي يمر البخار فيها من الخلفين



الشكل ٢٢٥

خ الى الاسطوانة س وتفتح حنفية في الانبوبة العليا فيجري الماء البارد من

الحوض الذي متصل الانبوبة به ويدخل الى الاسطوانة فيكثف البخار الذي

فيها ويسهل فينصب هذا البخار الى الانبوبة السفلى وينزل المدك بضغط

الهواء وبتزولو ترتفع عصا الطلباء ثم يكرر ادخال البخار الى الاسطوانة لرفع

المدك وادخال الماء البارد لتزيلو كما تقدم ولم جراً . ولا يخفى ان ادخال

الماء البارد الى الاسطوانة وراء البخار يبردها فيقتضي احاطتها ثانية وقوتاً زائدة .

ولذلك لما عرض تصليح هذه الآلة على جنس وط الانكليزي سنة ١٧٦٣ ورأى

ما يقتضي لها من النفقة عكف على تصليحها وتحسينها وقضى خمسين سنة يغير

فيها ويزيد حتى جاء بالآلة البخارية المستعملة الآن . فتفتح للتدني اوسع سبيل

لان البخار لم يكن يستعمل قبل زمانه الا لرفع الماء واما الان فاشهر مراكب البحر

ومركبات البر واكثر الآلات تجري بالآلة التي اخترعها وعليها مدار الثروة

ورفاة المعيشة وتحسن الحضارة

— ١٠٠١ —

فائدة * لسبب الاحتكاك وغيرها من الموانع لا يصح من قوة البخار بالآلة البخارية

الآ ٦٠ او ٧٠ جزءاً من كل ١٠٠ جزءاً في تخسرنحو $\frac{٢٠}{١٠٠}$ او $\frac{٢٥}{١٠٠}$ من كل القوة

الفصل الخامس

في الظواهر الجوية

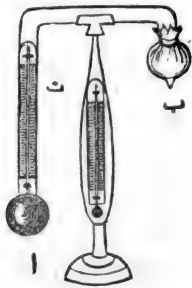
(٣٨٢) الظواهر الجوية وتُعرف بالمتيُورولوجيا ايضاً فنبحث فيه عما يحدث في الجوّ او في ما يتعلق به من حرّ وبرد وريح ونوء وغيم ومطر وثلج وبرد وظواهر النور والكهربائية الى غير ذلك . وهو فن يَرْجى منه النفع العظيم للملاحة والزراعة والاحنياطات الصحية فضلاً عن فوائده العلمية . وسنقتصر في هذا الفصل على بعض ما يتعلق منه بالحرارة فقط

(٣٨٣) اشباع الرطوبة للهواء * ان البخار يتصاعد دائماً عن الارض ومياهاها بجمرة الشمس ويتخلل الهواء بقوة مرونته ولذلك لا يخلو الهواء البتة من الرطوبة لان الرطوبة هي بخار الماء عينه . الا ان مقدار الرطوبة ينقص فيه ويزيد وازيادته هذه حد معين اذا بلغت وقفت عنده لان قوة مرونة الرطوبة تصير حينئذ كافية لمنع الماء من التحول الى بخار (عد ٣٦٢) فيقال ان الرطوبة قد اشبعت الهواء لانه لا يسع منها اكثر مما فيه

غير ان هذا الاشباع لا يكون المقدار اللازم له من الرطوبة واحداً على كل حال بل يتغير حسب تغير حرارة الهواء . فاذا كان الهواء مشبعاً على ٧٥° ف

مثلاً وارتفعت تلك الدرجة الى ٨٠° لا يبقى مشبعاً بل يحتاج الى رطوبة أكثر ما فيه لاشباعه لانه يصير يسع منها أكثر مما فيه . وإذا هبطت تلك الدرجة الى ٥٠ تزيد الرطوبة التي فيه كثيراً عن اشباعه فينمصر الزائد منها ويتبع مطراً وبرداً وثلجاً ونحو ذلك . وعليه لا يحدث ندى ولا مطر ولا ثلج ولا برد ما لم تزيد الرطوبة عن اشباع الهواء . وعليه ايضاً يقال ان هواء محل ارطب من هواء محل آخر ولو كانت كمية الرطوبة المطلقة فيه اقل مما هي في الآخر لان رطوبته تعتبر بالنسبة الى اشباعه واشباعه يتغير بالنسبة الى درجة حرارته . فالهواء الذي حرارته ٥٠° ف يشبع نصف الرطوبة التي تشبع هواء حرارته ٧٥° ف . ولذلك اذا كان في البارد منها ثلث الرطوبة التي في الحار يكون ارطب لانه اقرب منه الى الاشباع . ونسب هذه الرطوبة المنسوبة الى الاشباع الرطوبة النسبية تمييزاً لها عن الرطوبة المطلقة التي يعتبر فيها مقياس الرطوبة من حيث هو بقطع النظر عن الاشباع

(٢٨٤) الهيفروميتر . ودرجة الندى * الهيفروميتر آلة لقياس رطوبة الهواء النسبية (عد ٢٨٣) وهو على اشكال شتى . منها هيفروميتر دانيال وهن انبوبة منحنية (الشكل ٢٢٦) لما في طرفها الواحد بلبوس اسود ا وفي طرفها الآخر بلبوس عليه قطعة من المصليتا ب وفي مركبة على عمود عليه ثرموميتر . وفي ساق الانبوبة ثرموميتر آخر يتصل بلبوسة الى ا . ويكون في الاثير الى نصفه او ثلثيه ويكون في ب وباقي الانبوبة بخار من ذلك الاثير فقط . ثم ترطب قطعة المصليتا بقليل من الاثير فعند تحويله الى بخار تبرد سريعاً (عد ٢٦٣) وتبرد اللبوس ب . فيبرد بخار الاثير الذي داخله ويسيل



الشكل ٢٢٦

وبذلك يرتفع ضغطه عن الاثير الذي في ا . فيتحول بعض هذا الاثير الى بخار يتكاثف ايضاً في ب من البرد . وكلما تحول بعضه الى بخار برد الباقي (لاختفاء

جانب من حرارته في البخار) وبرّد البلبوس ا و البلبوس ا يبرّد الهواء المحيط به وتقاس درجة التبريد هذه بالثرمو متر الذي فيه. ويتكرر العمل على ما تقدّم يبرد الهواء المحيط باللببوس ا حتى تصبح الرطوبة التي فيه أكثر مما يلزم لاشباعه فيتحول الزائد منها الى ماء بندي السطح الخارجي من البلبوس ا حول الاثير الذي فيه. فتقرأ درجة حرارة هذا البلبوس حال ابتداء الندى عليه وهي درجة الندى اي الدرجة التي اذا مبطت الحرارة اليها حينئذ تشبع الرطوبة التي فيه وتحول بعضها الى ندى. وتقرأ درجة حرارة الهواء حينئذ بالثرمو متر الذي على العمود فيعرف الفرق بينها وبين درجة الندى. فكلما زاد الفرق بينها قلت الرطوبة النسبية وكلما قلّ الفرق بينها زادت الرطوبة النسبية

والشائع في الاستعمال الآن الميغرومتر الرطب البلبوس وهو مصنوع على مبدأ ان الجسم الرطب يزيد تغيره في الهواء بقدر ما يزيد الهواء جفافاً. وانه جداول تستعمل بها منه درجة الندى والرطوبة النسبية والرطوبة المطلقة في قدم مكعبة من الهواء وقوة مرونة البخار

(٢٨٥) حرارة الهواء * اذا تغيرت كثافة الهواء تغيرت

درجة حرارته

فقد تقدّم (عد ٢٢٨) ان الهواء اذا ضغط وتكاثف ارتفعت درجة حرارته جداً حتى تحرق الصوفانة. ويظهر من مفرغة الهواء عكس ذلك اي ان الهواء اذا تمدّد فتلطف في الغالبه مبطت درجة حرارته وتحولت الرطوبة التي فيه الى ضباب من البرد. ولذلك اذا سخن الهواء على سطح الارض وصعد الى الجو يتلطف فيبرد بسبب لطافته ويتكاثف البخار الذي فيه من البرد فيتحول الى غيم ومطر ونحوهما. وبسبب لطافة الهواء تنقص حرارته كلما زاد الارتفاع ومعدل نقصانها درجة واحدة لكل ٢٠٠ قدم من الارتفاع. فاذا ارتفعت

الاماكن ارتفاعاً عظيماً عن سطح الارض اشده البرد عليها واكتنفها الثلوج ولو كان موقعها على خط الاستواء فان الثلج يدوم السنة كلها على ارتفاع خمسة عشر الف قدم عن سطح البحر في الاصفاع الاستوائية. ثم اذا هبت الريح من الاماكن المرتفعة الباردة الى البقاع المنخفضة الدافئة فربما لم تصل الى تلك البقاع الا وقد تكاثفت في نزولها تكاثفاً يرفع درجة حرارتها حتى لا تنقل ما همب عليها من النبات والحيوان المتعودين الدفء والحر.

(٢٨٦) الندى والصقيع * من الاجسام ما يشع حرارته ليلاً الى الجو فيبرد أكثر من الهواء ويبرد الهواء الملامس له الى درجة يسيل عندها بعض بخاره فينقط تلك الاجسام بالندى. ولما كان حدوث الندى متوقفاً على اشعاع الاجسام لحرارتها فكل جسم اصلح من غيره للاشعاع وارداً للاتصال يتكون عليه الندى اكثر مما يتكون على غيره. ولذلك تندی الاعشاب واوراق الاشجار اكثر مما يندی التراب

وانسب الاوقات لحدوث الندى الليالي الصافية الجو اللطيفة النسيم الرطبة الهواء. لان الليالي الصافية الجو لا تعيق اشعاع الحرارة بخلاف الليالي الكثيرة الغيم. والنسيم اللطيف يبقي الهواء على الاجسام حتى يبرد وتنصل رطوبة عنه ثم يجري به عنها ليلتو غير البها بخلاف الريح الشديدة فانها تخلط الهواء بمضة بعض بحيث تتساوى الحرارة في كل اجزائه فلا يستقر طويلاً على الاجسام ليعبر وذلك لا يتصل منه الا القليل من الرطوبة. والهواء الرطب تسيل رطوبته اذا هبطت درجة حرارته ولو قليلاً وذلك كثير المحدث بخلاف الهواء القليل الرطوبة فانه يلزم ان يهبط درجة حرارته هبوطاً عظيماً حتى تبلغ درجة الندى وذلك غير كثير المحدث

ويتكوّن الندى^(١) في كل اقسام اليابسة وقد يكثر في الاماكن التي قلما ينزل فيها المطر فيغنيها عنه كما يحدث في بلاد العرب وشبلي وغيرهما. واذا كثر الاشعاع في مكان حتى انخفضت درجة حرارته عن ٢٢° ف تجمد الرطوبة عليه راساً بدون ان تسيل. ونعرف حينئذ بالصقيع

(٢٨٧) الضباب * اذا برد الهواء حتى صارت درجة حرارته تحت درجة الندى اي حتى صارت الرطوبة فيه اكثر مما يلزم لاشباعه على تلك الحرارة تكاثفت رطوبته فيه وصارت ضباباً

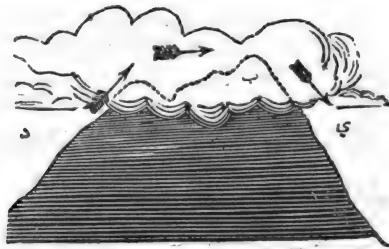
واكثر ما يكون ذلك في الاماكن السافلة القريبة من الانهار والبحيرات والبرك وما شابهها لان تلك الاماكن تشع الحرارة اكثر مما تشعها المياه التي بجانبها فتبرد اكثر منها. ثم اذا جرى هواء المياه الى تلك الاماكن يبرد عليها فتتحول رطوبته الكثيرة الى ضباب. واذا جرى هوائها الى المياه يبرد هواء المياه ويحول رطوبته الكثيرة الى ضباب

(٢٨٨) السحاب * لا فرق بين السحاب والضباب الا في الارتفاع فالضباب يحدث قرب سطح الارض واما السحاب فيحدث

(١) كان القدماء يزعمون ان الندى خواص كثيرة عجيبة منها ان الاستحمام به يزيد الجمال جداً فكانوا يلطون على جزر من الصوف يرشونها ليلاً للاغتسال به والكهين في تجارهم الخرافية. قال لورنس وهو من فلاسفة الاجمال الوسطى ان الندى اثره في اذا ملانا منه بضة من بوض القنبرة طارت الى المجهود شروق الشمس. وكذلك بضة الورد اذا ماتت منه

مرتفعاً عن الأرض. ويتكوّن من نفوذ هواء حارّ رطب لهواء بارد
او من نفوذ هواء بارد لهواء حارّ رطب

ولذلك ترى رؤوس الجبال مغطّاة بالسحاب لان الجبال تعارض الريح
التي تهبّ عليها فتصعد الريح بجوانبها حتى تصل الى قممها فتبرد ويبرد بخارها
ويتكثّر غيماً على رأس الجبل (الشكل ٢٢٧) والغيم أثقل من الهواء ولذلك
يهبط فيه حتى يصل الى طبقة حارة فتذيقه وتعيد بخاراً من اسفله. فكل غيمة
اما ان تكون في حال الانعقاد من صعود الهواء الرطب عن سطح الأرض الى
الاعالي واما ان تكون في حال الانحلال من سكّون الهواء ونزولها من الاعالي
الباردة الى الاسفل الحارة



الشكل ٢٢٧

والغيوم على اشكال شتى ولكنها تنحصر في سبعة اربعة منها تتكوّن في مجاري
الريح السفلية وهي غيم المطر ويسمّى (نيمبس) والغيم المصنّف ويسمّى (الستراس)
وهو اسفل الغيوم وقد يصل الى الأرض ويتبسط في السماء انبساط الصفائح وهو
غيم الليل. والركام ويسمّى (الكولس) ويظهر في نواحي السماء معترضاً كالجبال
وهو غيم النهار. والغيوم الراجعة ونسي (كمولس ستراؤس) وتتكوّن من اختلاط
الركام والمصنّف ويكثر منها البرق والرعد * وثلاثة منها تتكوّن في مجاري
الرياح العلوية وهي الظنور ويسمّى (السرس) وهو غيم كالريش في الغالب

مكوّن من ابر من المجلد على ما يُظنّ. (والسرّس تراش) ويتكوّن من انبساط
السرّس في صفايح ويسبق النوء غالباً والنثرة ويسمى (السرّكولس) وهو غيوم
صغيرة منقطعة متقارب بعضها من بعض تعرف عند العامة بفصيل بنت
السلطان وتحدث اذا كان الطقس جافاً حاراً

(٢٨٩) المطر * يحدث المطر من كل ما يبرد الرطوبة
التي في الهواء فاذا بردت هذه الرطوبة رويداً رويداً اجتمعت
دقائقها في كرات صغيرة وتكوّن منها السحاب او الضباب كما تقدّم
واما اذا بردت الرطوبة بغتة فتجتمع دقائقها في كرات اكبر من
تلك وتقع مطراً

وتبرد الرطوبة كما ذكر بكل ما يكره الهواء على الصعود عن سطح الارض
الى علو ميل او ميلين في الجو كما يحدث اذا صدم جبل ريحاً مهبّ عليها وكرها
على الصعود يجانبه الى علو عظيم. وكما يحدث ايضاً اذا مّبت ريح جافة باردة
ثبلة على ريح حارة رطبة فتدخل تحنها وترفعها فوقها الى علو عظيم كما يدخل
السفن تحت المجر فيرفعه. وكما يحدث ايضاً اذا التقت ريحان متضادتان
فانهما يجتمعان وترفعان كما تجتمع موجتان متضادتان وتعلوان اذا تلاقيا

(٢٩٠) الثلج * يتكوّن الثلج من جهود رطوبة الهواء راساً
على درجة سافلة جداً من الحرارة بدون ان تتحوّل الى السبولة
ويكون ذلك غالباً في اعالي الجو

والثلج اذا مرّ في هواء حرارته ٢٣° ف او اعلى منها ذاب ووقع مطراً على
الارض ولا وقع عليها ثلجاً. وقد يقع الثلج من هواء البيوت في البلاد الشديدة
البرد. فاذا اجتمع خلق كثير في قاعة صغيرة هناك وقعت نافذة من نوافذ

القاعة والبرد شديد جد البخار في هوائها ووقع ثلجا. والثلج مركب من بلورات



من الجليد ابرية الشكل
يتصل بعضها ببعض على
اشكال تدهش الناظر



وتبهر الناظر وقد رسم
بعضها في الشكل ٢٢٨

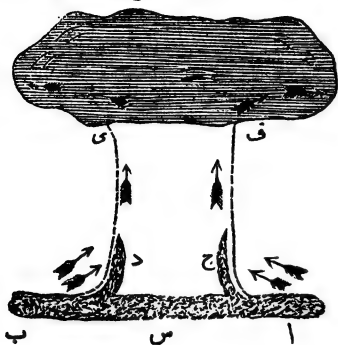
الشكل ٢٢٨

(٢٩١) البرد * البرد

قطع من الجليد متفاوتة الحجم فمنها ما هو اصغر من الحصى ومنها ما هو بقدر
البرقال ومنها ما هو بين هذين المجمين. ولا يعرف كيف يتكون والظاهر
انه يحدث من هبوب ريج شديدة البرد وتخللها لريج اخرى احر منها جدا
ومشبعة رطوبة تقريبا. ولكن تعليل هذه الريح الباردة عسر وغير معروف

(٢٩٢) الريح * الريح الهواء المتحرك من ناحية الى اخرى
وهذا التحرك يكون اذا اختلف ضغط الهواء في ناحية عما هو في
ناحية اخرى حتى بطلت الموازنة بينها فيجري الهواء من المكان
العظيم الضغط الى المكان القليل الضغط. اما اختلاف ضغط
الهواء في مكان عما هو في مكان آخر فلا يكون الا لامر من امرين
على ما نعلم: احدهما ان ترتفع حرارة الهواء في المكان الواحد عما هي
في الآخر وثانيهما ان تزيد الرطوبة في هواء الواحد عما هي في
هواء الآخر. ولذلك تكون العلل المحدث للريح اثنتين تفاوت
حرارة الهواء وتفاوت رطوبته اي تفاوت مقدار البخار المائي فيه

اما تفاوت حرارة الهواء فينتفع ما يأتي : لكن س (الشكل ٢٢٩) بقعة
من الرمل على جانبيها ارض معشبة ا وب . فعند وقوع شعاع الشمس على هذه



الشكل ٢٢٩

الارض تسخن س أكثر مما سواها
فيسخن الهواء الذي عليها ويمتد
و يصعد كما ترى عند ج ود
فيجري الهواء من عن ا وب الى
مكانه حتى يسخن ايضا فيصعد
كما صعد الأول ويأتي مكانه
هواء آخر كما اتى هو . ثم ان
الهواء الصاعد عن س يتمدد الى

كل ناحية ويمضي في جهة ك وه ايضا حتى يبرد وينزل الى سطح الارض فيعود
بدور كما قدمنا . والمخالصة انه بتفاوت الحرارة على س و ا ب تصعد الريح من
عن س الى اعالي الجو ثم تنحدر الى سطح الارض وتعود الى س المكان الذي
صعدت منه أولاً . ولذلك يكون هبوب الريح من ا وب الى س في مجاري سفلية
او سطحية وإلى ا وب في مجاري علوية

واما تفاوت رطوبة الهواء فينتفع من ان ثقل البخار النوعي يساوي ثلاثة
انصاف ثقل الهواء الجاف النوعي على درجة واحدة من الحرارة وتحت ضغط
واحد ولذلك يكون الهواء المشعوب بخاراً اثقل من الهواء الجاف فيجري الثقيل
الى الخفيف ونحصل الريح من جريه

(٢٩٢) تغير جهة الريح بدورة الارض اليومية * خط الاستواء احرم من
القطبين ولذلك يسخن الهواء عليه أكثر مما يسخن عليها فيتلطف و يصعد الى
اعالي الجو ويمضي من هناك نحو القطب الشمالي والقطب الجنوبي ولذلك
تكون رياحه رياحاً علوية . ثم يجرى الهواء من جهتي الشمال والجنوب على
سطح الارض الى خط الاستواء لرد الموازنة ولذلك تكون رياحه رياحاً سفلية.

هنا ولو كانت الأرض ساكنة لكانت الرياح العلوية تجري من خط الاستواء نحو القطبين وبالعكس على المواجر شمالاً وجنوباً ولا تنحرف عنها شرقاً ولا غرباً ولكن الأرض تتحرك دائرة على مجورها من الغرب إلى الشرق والأماكن التي على خط استوائها تسرع أكثر من بقية الأماكن في دورانها معها . فلذلك تنحرف الرياح العلوية شرقاً في سبيلها نحو القطبين وتنحرف الرياح السفلية غرباً في سبيلها نحو خط الاستواء . لأن هواء خط الاستواء يدور مع الأرض شرقاً ويسرع في دورانه أكثر من هواء سائر الاعراض الشمالية والجنوبية التي على جانبي خط الاستواء . فإذا صعد عن خط الاستواء وجري شمالاً وجنوباً في رياح علوية كما تقدم بقيت له سرعة حركته هذه شرقاً فينحرف شرقاً شيئاً فشيئاً عن الماجرة التي جرى منها حتى يحسبها الذين إلى شمالي خط الاستواء آتياً من الجنوب الغربي وبحسبة الذين إلى جنوبي خط الاستواء آتياً من الشمال الغربي وإذا جرى الهواء من الشمال والجنوب إلى خط الاستواء فلكون دورانه مع الأرض شرقاً أبداً من دوران الأماكن التي هو مارة فيها ينحرف غرباً شيئاً فشيئاً عن الماجرة التي جرى منها فيحسبها أهالي تلك الأماكن آتياً من الشمال الشرقي في شمالي خط الاستواء ومن الجنوب الشرقي في جنوبيه

(٢٩٤) الرياح المنتظمة والمتقلبة * ان رياح الأرض لا تجري كما ذكر (عد ٢٩٣) جرياً مطرداً إلا في الأماكن الواقعة على جانبي خط الاستواء ولا سيما الجبور إلى عرض ٢٣° شمالاً وجنوباً منه وهذه الرياح تسمى الرياح التجارية لموافقتها للسفن التجارية في سبيلها . وأما رياح بقية الأماكن فمتقلبة فالرياح التجارية تحصل من صعود الهواء عن خط الاستواء وجريه شمالاً وجنوباً ومن جري الهواء من الشمال والجنوب لیسد مسده . وحينئذ يحصل الانحراف في جهة جريه بسبب دوران الأرض فيحسب الآتي من الشمال الريح التجارية الشمالية الشرقية والآتي من الجنوب الريح التجارية الجنوبية الشرقية . وأما الهواء الصاعد عن خط الاستواء فيضيق عليه المكان كلما ابعد

عن خط الاستواء شمالاً وجنوباً ويختصر في دوائر من العرض تصغر شيئاً فشيئاً
 عن دائرة خط الاستواء حتى اذا صار بقرب دائرة ٢٣° من العرض يترام
 بعضه فوق بعض ويهبط ينقلو الى الارض ويجري في مجاري سطحية عائداً الى خط
 الاستواء ليسد مسد غيره من الهواء الصاعد من هناك
 والرياح المتقلبة لا انتظام لها بل تهب تارة من هذه الجهة وطوراً من
 تلك لاسباب شتى كلبة وجزئية لم تُضبط الى الان. وتُشاهد في الاعراض الوسطى
 وعلى الخصوص في المنطقة المتجمدة الشمالية حيث تهب الرياح احياناً من جهات
 شتى في وقت واحد

(٢٩٥) الرياح الموسمية * هذه الرياح تهب في بعض المواسم من جهة
 واحدة وساعات واحدة من اليوم كالرياح المعروفة بالمواسم وكالسموم المعروفة
 بالشرقية وكسبم البر والبحر. فالمواسم رياح تهب نصف السنة من البحر الاحمر
 وبحر العرب وخليج بنكالا وبحر الصين الى اليابسة المجاورة لتلك البحور ثم تنعكس
 جهتها في نصف السنة الآخر فتهب من اليابسة الى تلك البحور. اما هبوبها
 من البحور الى اليابسة فيكون صيفاً وذلك لان اليابسة تسخن وتلطف هوائها
 اكثر من هواء البحور فيجري هواء البحور اليها. واما هبوبها من اليابسة الى
 البحور فيكون شتاءً وذلك لان اليابسة تبرد بالاشعاع اكثر من البحور فينقل
 هوائها عن هواء البحور ويجري الى البحور لحفظ الموازنة

والسموم ريح حارة تهب من صحراء افريقية الى سورية ومصر والجزائر
 وابطاليا وتبقى في مصر وبعض جهات سورية من اواخر نيسان الى حزيران
 حيث تسمى الخمسين لانها تبقى نحو خمسين يوماً. واذا اصاب السموم قافلة
 اثار الرمال عليها كالغيوم الكثيفة فيجرى الركب الى الارض ويلتفون وجوههم
 بالاردية الكثيفة وتدبر النوق فناها للرييح حتى لا تُسفي الرمال على وجوها
 فتحرقها

ونسيم البر والبحر ريحان تهب احدهما من البر الى البحر ليلاً وتنعقها

الأخرى من البحر الى البر نهاراً في الأماكن التي على سواحل البحر. اما نسيم البر فيهب ليلاً الى البحر لان الأرض تبرد بالاشعاع ليلاً أكثر مما يبرد البحر فيجري هوائهما البارد الى هواء البحر النخيل لحفظ الموازنة. واما نسيم البحر فيهب الى البر نهاراً لان البر يسخن بمجراة الشمس أكثر من البحر فيجري هواء البحر البارد الثقيل الى هواء البر الحار اللطيف لحفظ الموازنة

(٢٩٦) الزوينة * الزوينة رياح نصف عصفاً شديداً حتى ربما بلغت سرعتها مئة ميل في الساعة وتدور بعضها داخل بعض دورانا لولياً حول محور قائم او مائل على سطح الأرض وتتم بقعة من الأرض قطرها من مئة ميل الى خمس مئة ميل او أكثر وتسير بحملتها من مكان الى آخر بسرعة ١٠ اميال او ٢٠ او ٣٠ ميلاً في الساعة. وتحدث قرب جزائر الهند الغربية وفي البحر الصيني والافقيانوس الهندي. وتدور رياحها في شمالي خط الاستواء من اليمن الى اليسار اي في خلاف الجهة التي تدور فيها عقارب الساعة. وتدور بعكس ذلك في جنوبي خط الاستواء

(٢٩٧) الموجاء والاعصار * الموجاء ريج دوائر يثلث بعضها في بعض التناقفاً لولياً كالزوينة ومعظم الفرق بينها في الانساع وطول المدة. فان الموجاء قلما يزيد عرضها عن بضعة مئات من القصبات وطولها عن ٢٥ ميلاً وقلما تبقى في مكان واحد أكثر من بضع ثوان بخلاف الزوينة. والموجاء عيفة المهبوب جداً على الغالب فاذا مرت بيت خريته او شجر اقتلعت او بصخر زعزعت ان حملته. واذا حدثت على الرمال اثارها كالعبد الى الجو. واذا حدثت على الماء اثاره ثوراناً عنيفاً واجذبت زبدته الي وسطها فيظهر كالعمود قائماً على وجه الماء النائر. وتسمى هذه الموجاء اعصاراً

(٢٩٨) النوء * يراد بالنوء اصطلاحاً اضطراب الهواء اضطراباً عظيماً حتى يثور رياحاً شديدة على بقعة متسعة من

الارض فتدور بالاجمال في دوائر لولبية بعضها داخل بعض كما تدور في الزوبعة والهوجاء الا انها اقل منها عنفاً واعظم انساغاً فقد يكون طول البقعة التي يسقط النوء عليها الف ميل من الشرق الى الغرب والفي ميل او ثلاثة آلاف ميل من الشمال الى الجنوب وهذه البقعة قريبة الشكل من الاستدارة والغالب ان النوء ينشأ في نصف الكرة الشمالي من ناحية من نواحي الغرب ويسير نحو ناحية من نواحي الشرق حتى يزول. وكثيراً ما يحدث فيه مطر وبرد وثلج وبرق ورعد. والمظنون ان الزوبعة والهوجاء والاعصار والنوء تحدث من تاثير حرارة الشمس في الهواء وقد عللوا تعاليل متعددة لم يجمعوا على واحد منها الى الآن

(٣٩٩) التيار * التيار مجرى من الماء يجري في البحر من ناحية الى ناحية بسبب تفاوت الحرارة على الماء فان سطح البحر يسخن في المنطقة الحارة اكثر مما يسخن في احدى المعندين او المتجمدين ولذلك يخف فيجري نحو القطبين. والتيارات كثيرة: من اشهرها تيار الخليج وهو يخرج من خليج مكسيكو فيجمل مياه بحر كيري الحارة ويقطع بها الاوقيانوس الانلاتيكي الشمالي حتى يصيب سواحل سكتلاندا ونروج فيلطف بجمراته برد بلاد الانكليز ويعدل هوائها ولولاه لاستولى عليها زمهرير لابرادور

فجمدها وجعلها قفراً صفرًا من السكان. ولو نفذ هذا التيار برزخ
بناما وجرى منه إلى الأوفيانوس الباسيفيكي الجنوبي لكست الثلوج
بلاد الأنكليز وجمدتها الرياح القوارس



خاتمة الباب

في بعض أشكال الماء ومنافعها

(٤٠٠) أولاً. إن حرارة الماء النوعية (عد ٢٤١) عظيمة ولذلك يؤثر الماء
في هواء البلدان تأثيراً شديداً فإنه إذا جرت الرياح الحارة شمالاً والنفث بالهواء
البارد على المنطقة المعتدلة تكاثفت رطوبتها ونزلت منها على تلك المنطقة فتظهر
حرارتها المخفية (عد ٢٤١) في جيوبها محمولة من المنطقة الحارة وتلطف البرد
في تلك المنطقة. فكأن تيارات البحر ورياح الجوانايب آلة بخارية وخط
الاستواء خلفتها فهو يغير البخار والرياح والتيارات تحمله فتستحق به الاصفاة
الباردة لينضرب نبعها وينمو حولها * هنا فضلاً عن أن الماء يعدل هواء البلاد
فيقيها من تعاقب البرد والحَر عليها تعاقباً فجائياً لانه يمتص حرارة كثيرة في
الصف فيلطف حره ويظهرها في الخريف فيلطف برد الشتاء. وفي الربيع
يذوب الثلج والجليد فيمتص ماؤها حر الشمس فلا تخرج الاشجار براعمها باكراً
ولا تتعرض لتقلبات البرد والحَر. ولما كان الثلج والجليد لا يذوبان إلا بجمرة
شديدة كان ذوبانها بطيئاً في الربيع ولولا ذلك لكانت مياهها تطمو على
الأرض فتجرب تربتها وعملك المخلوقات الحية التي عليها

ثانياً . ان الماء بمنحوي هو ماء يعيش به السمك . ولو خلا الماء من الهواء لكان بفرق كلما تجاوزت حرارته ٢١٢° ف كَثِيراً . فكان الناس لا يتجرأون ان يفلوهُ في وعاء الآوم يراقبون درجة حرارته بالثرمو متر كما يراقبون الان الآلات البخارية مخافة ان ينحصر بخاره فيشق القدر ويتلف ما حوله . غير انه اذا زادت حرارته عن ٢١٢° يفارقه الزائد ويتركه على درجة ٢١٢° . فلما والماء يتمدد بالحرارة كثيره من السائلات وينقلص بالبرد الى ٣٩° فقط ثم ياخذ في التمدد بزيادة البرد حتى تبلغ حرارته ٣٢° فيجمد . وعليه نشق الجرة اذا جمد ماؤها من البرد لانه يتمدد فيضغطها بقوة تمدده ويشققها . فلما يشد بذلك عن بقية الاجسام ولكن لما الشدود منافع جليلة لانه لو كان الماء يجري مجرى بقية الاجسام لكان اذا برد سطحه تنزل دفائمه الباردة الى قعره وتصلد دفائمه السخنة من قعره الى سطحه حتى تبرد كلها الى درجة الجليد فيجمد معاً ويصير الماء كله قطعة واحدة من الجليد فيقتل ما فيه من الحيوانات والنباتات . ثم اذا جاء الصيف وتناظ حراً الشمس يذوب وجه ذلك الجليد فقط فوصير ماء لكن ما تحته يبقى جليداً لان الماء غير موصل للحرارة فيصد الشمس عما تحته ولا يمكنها من تذويبه . ولذلك كان يبقى الجليد في البحار والبحيرات والانهار وفي الاماكن المزمره طول الايام . واما الآن فلشدود الماء عن بقية الاجسام يتمدد بالبرد فيخف التمدد ويجمد ويعوم على الوجه وبقي البقية من الجمود لانه جليد والجليد موصل ردي للحرارة . فتبقى حرارة الماء العميق تحته على درجة واحدة ولو اشند البرد فلا يموت ما فيه . فسبحان المعني الحكيم

ثالثاً . اذا جمد الماء خلص من الشوائب . وعليه يتحول ماء البحر الى ماء عذب في المنطقه المتجمدة الشمالية . قال مَكَلْتُك ان الماء كان يصنو يجموده المرة بعد المرة في تلك النواحي حتى صار صالحاً للشرب في جمده الرابعة . ولذلك اذا جمد البرد الخل في وعاء اجمع الحامض في الوسط وبقي ماء الخل جامداً

رابعاً . اذا تكوّن الندى على النبات منعه من الاشعاع فلا تبرد اوراقه برّكاً شديداً ولا تصفع . فتتجه الاشعاع اى الندى تضاداً الاشعاع وتدفع اضارهُ فضلاً عن انها تسقي النبات العطشان . هــا والماء يرتقي من البحر والبرّ بخاراً فيبرد الهواء ويرطبه صيفاً ويبدّل بردهُ شتاءً . ويتعقد غهماً فيظلل الارض من شعاع الشمس نهاراً ويغيبها من شرّ الاشعاع الزائد ليلاً . ويقع مطراً فينبقي الهواء ويجيى النبات او ينزل ثلجاً فيعوض الاعشاب وبراعم الاشجار من الموت . وينبع عيوننا تروي الغليل ونشفي العليل وينقي الابنان ويدوّب الطعام ويلبّن المفاصل ويجري الى البحر فيهب للتربة حياة وللارض خصباً وخيراً . فنبارك المدبر القدير

(٤٠١) مسائل للتمرين * (١) لماذا تبرد اليد في البرد اذا دقت الباب بدقاقة من الحديد أكثر ما اذا دقت بدقاقة من الخرف . (٢) لماذا تلطف حافة الرغيف المحبّص على النار الى جهة وجهه الذي على النار . (٣) ان البعض يضاعفون الزجاج في الشبايك فيضعون زجاجاً وراء زجاج لمنع البرد فلماذا يمتنع البرد كذلك . (٤) يلبس الفران في بعض البلدان قميصاً من الفلان لا ليبرد جسدهُ صيفاً وبدفاً شتاءً فكيف ذلك . (٥) لاي سبب نخش ايا دينا اذا نغشنا فيها ويبرد الطعام اذا نغشنا عليه . (٦) كيف يقي الثلج العشب من الموت . (٧) لماذا يغلي الماء ويتطاير في بعض الايام اسرع مما يغلي ويتطاير في غيرها . (٨) ما سبب الفقع الذي نسمعه من النار عند اشتعالها في كانون . (٩) لماذا تغلو نغمة البيانو في محلّ بارد عما تكون في محلّ دافئ . (١٠) أضيقاً يجب ان يكون ثَم الدواة ام واسعاً . (١١) اذا مددوا قضبان الحديد على سكة حديدية تركبها فسمحة بين كل قضبين منها فما القصد من ذلك . (١٢) لماذا يخشى على الانسان من الزكام اذا ترطبت ثيابه . (١٣) لماذا ينفق البلوط في النار اذا لم يترع بعض قشره . (١٤) هل يمكن الطبخ تحت قابلة مفرغة من

الهواء . ولماذا . (١٥) لماذا يشعر الانسان بان الهواء بارد عند ذوبان الثلج
 والجليد في الربيع . (١٦) لماذا يوضع الحليب في وعاء من تنك والثلج في وعاء
 من خشب في عمل البوزه . (١٧) لماذا يعتدل البرد عادة والثلج نازل .
 (١٨) ما سبب الازير في ابريق الماء الساخن . الجواب ان فوهة الببلل منه
 تهز ذفائق البخار الخارجة منه فنصوت حسب اهتزازها . (١٩) لماذا يبرد الهواء
 على ارض قد رُسّت بالماء . (٢٠) ما هي اسفل درجة يصلح الترمومتر الزئبقي
 للدلالة عليها من درجات الحرارة . (٢١) حرارة الهواء اليوم ٧٠° فماذا
 تعدل من ترمومتر س . ومن ر . (٢٢) هل يحدث الندى على جسر من
 حديد وعلى ممشي من خشب . (٢٣) ان باطن الارض احر من سطحها على
 كل حال فلماذا يكون ابرد الماء في اعنى الآبار . (٢٤) أيها افضل للطبخ
 القدر الصغيلة من اسفلها ام الخشنة . (٢٥) أي يغلي اولاً الماء ام الحليب .
 (٢٦) أمن التدويران يكون الوجدان صغيلة لانما . (٢٧) هل يدل الترمومتر
 على درجة واحدة من الحرارة اذا غط في ماء جار وفي دلو ملائمة من ذلك
 الماء . (٢٨) أي خرقه افضل من الأخرى لمسك الآنية الساخنة الصوفية ام
 الكتانية . (٢٩) عندنا وجافان من حجم واحد احدهما بسيط والآخر منفوش
 فايهما يبعث الحرارة أكثر من الآخر . ولماذا . (٣٠) هل يمنع الندى وقوعاً
 كالطر . (٣١) لماذا يرشح الابريق . (٣٢) لماذا يستعمل التبخير في الفراغ .
 (٣٣) اذا خلخل التراب حول النبات فهل ياتي ذلك بالندى . (٣٤) لماذا
 يذوب الثلج تحت الشجر قبلما يذوب في العراء . (٣٥) لماذا تضيق فتحة المدخنة
 شيئاً فشيئاً من اسفلها الى اعلاها . (٣٦) هل تبقى التهمة سخنة في ابريق لاعم
 اطول ما تبقى في ابريق قائم اللون . (٣٧) لماذا ينقع المحطب اول وضعه في
 النار . الجواب لان الهواء يتدد في حو بصلاته فيشقه . (٣٨) لماذا يرى نفس
 الانسان في الايام الباردة . (٣٩) لماذا تكون الثياب الفاتحة اللون ابرد صبغاً
 وادفاً شتاء من الثياب الغامقة اللون . (٤٠) كم تكون الحرارة على بعد قدمين

عن النار بالنسبة الى ما تكون على بُعد اربع اقدام عنها . (٤١) ما هو السبب
 في بقاء الصنيع صباحاً على بعض النباتات مدةً اطول من مدةً بقاءه على
 غيرها . (٤٢) هل وقد الحطب الاخضر من باب التدير . (٤٣) لماذا لا ينقع
 الحطب الاخضر على النار كاليابس . (٤٤) لماذا يزداد الغليان اذا وضعت
 قطعة من المعدن في ماء يغلي في وعاء من الزجاج او الخزف . (٤٥) ايها
 يحنق قبل الآخر بعدسة محدبة ألورق الابيض ام الاسود . ولماذا (٤٦) لماذا
 يشعر الانسان ببرودة الهواء في يوم شديد الريح اكثراً مما يشعر بها في يوم
 هادئ ولو كانت درجة الحرارة واحدة في اليومين . (٤٧) ماذا كان سر العجبة
 في جزّة جدعون قاضي بني اسرائيل . (٤٨) هل يمكن اصطناع عدسة من
 الجليد تحرق كعدسة من البلور . (٤٩) يقال ان جبال الجليد التي تقدّمها
 امواج البحر من البر تكون في الغالب مكتنفة بالضباب فما تعليل ذلك .
 (٥٠) وضعنا في الفضاء وعائين من الحديد احدهما لامع والاخر يعلوه الصدا
 فعلى ايها يتجمع الندى اكثر . (٥١) لماذا تكون الليالي الصافية
 السماء ابرد من الليالي المغيمة . (٥٢) لماذا لا يتكوّن الندى في
 الليالي المغيمة . (٥٣) لماذا تكون رؤوس الجبال
 ابرد من سفوحها حال كونها اقرب
 الى الشمس من تلك
 السفوح



الباب العاشر

في الكهربية

(٤٠٢) المقدمة * لم يذكر الناس شيئاً عن الكهربية حتى قام طالس احد حكماء اليونان السبعة سنة ٦٠٠ قبل المسيح فثبت انه اذا حكّت الكهرباء بشقّة من الحرير اجذبت اليها الاجسام الخفيفة كالريش والعصافه ونحوها. وكان اليونان يستغربون ذلك كل الاستغراب حتى زعموا ان للكهرباء روحاً ولم يعرفوا هم ولا غيرهم الاّ جذب الكهرباء هذا حتى قام الدكتور كلبرت الانكليزي في اواخر القرن السادس عشر فثبت ان اجساماً اخر غير الكهرباء كالكبريت والشمع والزجاج تفعل فعل الكهرباء فتجذب الاجسام اذا فركت. ثم عكف علماء اوربا واميركا على البحث عن هذه القوة وسموها الكهربية لان الانتباه الى وجودها كان من الكهرباء اولاً. فاكتشفوا فيها اكتشافات جمة ولم تزل بجرّاً لا قرار لجده وفوائده

والكهربائية تظهر في الاجسام على خمسة اشكال تعرف
بالمغنطيسية وكهربائية الاحتكاك والكهربائية الكلفائية وكهربائية
الحرارة والكهربائية الحيوانية. وهذه الاشكال متقاربة في نواحيها
مشاركة في كثير من نتائجها متبادلة بمعنى ان كلاً منها يمكن
تحويله الى الآخر لشدة التعلق الذي بينها. وعليها مدار كلامنا
بالاختصار في هذا الباب



الفصل الاول

في المغنطيسية

(٤٠٣) المغنطيس الطبيعي والمغنطيس الصناعي * المغنطيسية
فن يبحث فيه عن المغنطيس. والمغنطيس جسم له قوة على جذب
الحديد والفولاذ ومعادن أخر اخصها النكل والكوبلت. وانما سمي
مغنطيساً لانه اكتشف اولاً في نواحي مدينة مغنيسيا من اعمال
اسيا الصغرى. وهو اما طبيعي او صناعي واشهر اشكاله القضيب
المستقيم ويسمى المغنطيس المستقيم. والمتوي على هذا الشكل
ويسمى المغنطيس النضوي لانه يشبه نضوة الفرس
اما المغنطيس الطبيعي ويقال له حجر المغنطيس ايضاً فهو اكسيد من

أكسيد الحديد اعني انه معدن مركب كالصدا من الحديد والأكسجين ولكنه
يختلف عن الصدا بكون الأكسجين فيه أقل مما في الصدا. وتزيد القوة المغناطيسية
في بعض حجاره عما هي في غيرها بقطع النظر عن ثقل تلك الحجار. فان الحجر الذي
كان بحملة الفيلسوف اصحق نيوتن لم يزد ثقله عن ثلاث قمحات وكان يرفع بقوة
جذبه ٧٤٦ قمحة من الثفل وذلك نحو ٢٥٠ ثقلًا من ثقله. والحجر الذي جلبه الانكليز
من موسكو الى لندن كان ثقله ١٢٥ ليبرا ولم يكن يحمل إلا نحوًا من ٢٠٠ ليبرا*
واما المغناطيس الصناعي فهو فولاذ يدلك بمغناطيس طبيعي فيكتسب المغناطيسية
منه كما سيجيء (عد ٤٠٨) وهو اصلح من الطبيعي للاستعمال والتجربة وعليه المعول



الشكل ٢٣٠

(٤٠٤) توزع القوة المغناطيسية في المغناطيس * ان القوة
المغناطيسية التي يجذب المغناطيس الحديد بها ليست متساوية في

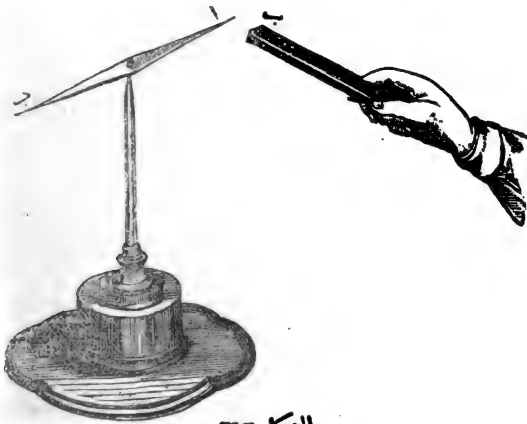
كل جزء من اجزائه بل تزيد على طرفيه ومن ثم تناقص حتى
تتلاشى في وسطه. ولذلك يسمى طرفاه القطبين ويسمى الخط
المتوسط فيه خط الاستواء

إذا دُسَّ مغنطيس مستقيم في برادة الحديد (الشكل ٢٢٠) تجمعت على
طرفيها ونجماً ولكن لم يعلق شيء منها بوسطه. والمغنطيس يجذبها ولو فصل عنها
بفاصل غير مغنطيسي فإذا وُضع المغنطيس على مائدة (الشكل ٢٢١) ووضعت
عليه قطعة من الفولاذ ثم نخلت عليها برادة الحديد من مخلل دقيق جذبها
قطبا المغنطيس وربّاهما في خطوط متعينة تنفرع منها. وإما البرادة التي تقع على
وسط المغنطيس فلا ترتب كذلك بل تبقى كما لو وقعت على جسم غير مغنطيسي



(٤٠٥) الجذب والدفع المغنطيسيان * ان الاقطاب
المغنطيسية المتشابهة تتدافع والاقطاب المتخالفة تتجاذب. وقوة
جذبها ودفعها تنقص بقدر ما يزيد مربع بعدها بعضها عن
بعض. ويتضح ذلك مما يأتي

علق قضيباً دقيقاً من المغنطيس المستقيم في وسطه حتى تسهل عليه الحركة الى كل الجهات واتركه للما فينبغي قطب من قطبيه الى الشمال والقطب الآخر الى الجنوب. ويسمى هذا القطب اذ ذاك ابرة مغنطيسية ويسمى قطب الشمالي ايضاً القطب الايجابي وهذه علامته (+) وقطب الجنوبي القطب السلبي وهذه علامته (-) ثم لكن ا ب (الشكل ٢٢٢) ابرة مغنطيسية قطباها ا وب وليتقرب من ا قطبها الشمالي القطب الجنوبي ب من مغنطيس آخر فينجاذبان لانها متخالفتان. وليتقرب بعد ذلك القطب الشمالي من المغنطيس الى القطب الشمالي منها فيتدافعان لانها متشابهان* ويبرهن ان قوة المغنطيس في الجذب والدفع تقل بزيادة مربع البعد عن ميزان الفتل كما سيبرهن في الكهربية

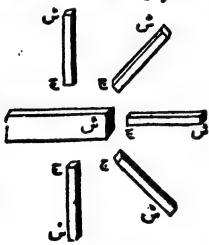


الشكل ٢٢٢

(٤٠٦) الحل المغنطيسي* تقدم ان المغنطيس يجذب الحديد وان مغنطيسين يجاذب قطباها المتخالفتان ويتدافع قطباها المتشابهان. فلايضاح الكيفية التي يتم بها ذلك يفرض ان في الحديد نوعين مختلفين من الكهربية متحدين معا حول كل دقيقة

من دقائمه بحيث يفني احدهما قوة الآخر. فاذا مس هذا الحديد مغنطيساً يحمل هذان النوعان الكهر باثيان او هاتان القوتان المغنطيسيتان فيه ويتغلب الشمالي منها على القطب الشمالي والجنوبي على القطب الجنوبي فيتمغنط الحديد ابي يصير مغنطيساً ويقال انه تمغنط بالحل المغنطيسي اذ يفرض ان نوعي مغنطيسيته قد انحلا

فالفرق بين المغنطيس والحديد قبل تمغنطه هو ان المغنطيس تُفرض فيه القوتان المغنطيسيتان مختلفتين الواحدة عن الأخرى ويفرض ان لكلٍ منهما فعلاً مستقلاً عن فعل الأخرى والحديد تفرض فيه المغنطيسيتان متحدتين الواحدة بالأخرى وليس لما فعل. وعليه اذا مسّت حلقة من الحديد القطب الشمالي من مغنطيس مثلاً تحمل مغنطيسيتها الى شمالية وجنوبية فيجذب المغنطيس الجنوبية منها ويدفع الشمالية فتناصق الحلقة ويصير مغنطيساً مثله. ولذلك اذا مسّت هذه حلقة مثلاً من الحديد تحمل مغنطيسيتها وتنجذب الجنوبية وتدفع الشمالية فتصيرها مغنطيساً من نوعها. وهذه تصير حلقة أخرى مغنطيساً من نوعها بالحل ايضاً

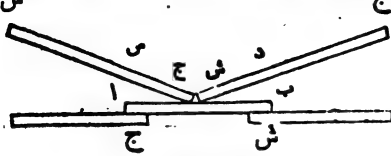


الشكل ٢٢٢

وهكذا حتى تصل حلقات متعددة من الحديد بالمغنطيس الاصلي بواسطة جلو وجذبه لها ولا يلزم ان المغنطيس بمس الحديد دائماً حتى يحلّه ويمغنطه فقد يمغنطه عن بعدٍ بغير ان يمسّه : فاذا فرض (الشكل ٢٢٣) القطب الشمالي من مغنطيس ووضعت حوله قطع متعددة من الحديد فانه يمغنط كل قطعة

منها بالحل المغنطيسي فيصير اطرافها القريبة منه جنوبية والبعيدة شمالية هذا وليس المراد من الحل المغنطيسي ان يتجرد كل واحد من النوعين

فاذا أريد اصطناع مغنطيس مستقيم دقيق كالابرة المغنطيسية مثلاً نوضع الحديدية او الفولاذة ب ا على النطب الشمالي والنطب الجنوبي من مغنطيسين كما ترى في الشكل ٢٢٥ ثم بوضع على وسطها قطبا مغنطيسين آخرين د وس



الشكل ٢٢٥

الشمالي من الواحد والجنوبي من الآخر وضعاً مماثلاً عليها بدون ان يتماس قطباها ويحتر المغنطيس د باليد اليمنى الى ب والمغنطيس

س باليد اليسرى الى ا . وكلما بلغا الى نهايتي الحديدية يرفعان ويردّان الى وسطها ويعاد الدلك بها على الوجه الواحد منها وعلى الوجه الآخر حتى تتمغنط جيداً . وهذا العمل يقال له المس المنرد

واذا أريد اصطناع مغنطيس مستقيم سميك غليظ نوضع الحديدية على مغنطيسين ويوضع عليها قطبان مغنطيسيان كما تقدم ثم يفصل بين هذين النطيين بقطعة من الخشب ويحتر المغنطيسان معاً الى جهة واحدة لاي جهتين كأن يحتر الى ا ثم الى ب او بالعكس مراراً متوالية على كل وجه من وجهيهما حتى تتمغنط جيداً . وهذا العمل يقال له المس المزدوج . ويجب ان يكون عدد الدلكات على كل نصف من نصفي الحديدية متساوياً تماماً



الشكل ٢٢٦

واذا أريد اصطناع مغنطيس نقوي بوضع مغنطيس

نقوي عمودياً على حديدية نقوية من حجب كما ترى في الشكل ٢٢٦ وتوضع قطعة من الحديد على طرفيها ويحتر المغنطيس من طرفيها في جهة السهم الى منحناها او بالعكس ثم يدار في قوس ويردّ الى المكان الذي ابتدأ جره منه

(٤٠٦) حفظ المغنطيس والحفاظة * اذا تمغنط جسم بجمل مغنطيسيتو الى نوعها فعلى طول الزمان يعود النوعان الى الاتحاد ولو كانت قوة الضغط (عد ٤٠٧) فيه عظيمة ولذلك يخشى عليه من فقد مغنطيسيتو على مرور الايام ويتلافى

ذلك بابقاء نوعي المغنطيسية محلولين: فان كان المغنطيس مستقيماً يوضع اثنان منه على الموازاة في علبه وتخالف اقطابها حتى يقابل الشمالي من الواحد الجنوبي من الآخر وتوضع حديدية على كل قطبين (الشكل ٢٣٢) فيجمل المغنطيسان



مغنطيسية الحديد تبت وتغنطانها. ثم ان الحديد تبت تردان الفعل الى المغنطيسين

الشكل ٢٣٢

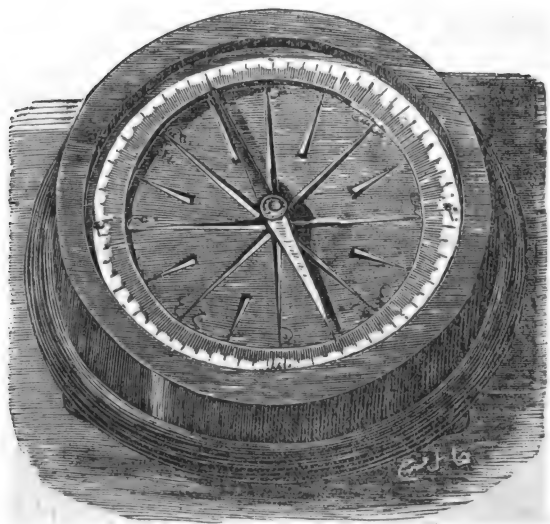
فتبقيان نوعي المغنطيسية محلولين في كل منها وتمنعانها من الاتحاد فلا تنفذ المغنطيسية من المغنطيس * وان كان المغنطيس نضوياً يوضع حديدية على طرفيه فتتمغنط بالحل ثم تفعل بالمغنطيس كما تقدم فتغنط مغنطيسيته ولذلك نسي المحافظة

مغنطيسية الارض

(٤١٠) ميل الابر * اذا توازنت الابر المغنطيسية على محور اتجه احد قطبيها شمالاً والآخر جنوباً لان في الارض قوة توجهها كذلك. غير ان اتجاهها لا يكون الى الشمال تماماً ولا الى الجنوب تماماً الا في اماكن قليلة على سطح الارض واما في بقية الاماكن فيتحرف شرقاً او غرباً عن الشمال والجنوب حسب موقعها. ويعرف انحرافها هذا بميل الابر. فاذا قيل ان ميل الابر في بيروت نحو ١٠° غرباً فالمراد من ذلك ان انحرافها عن القطب الشمالي هو نحو ١٠° الى الغرب

اذا فرض ان قطبي الابر المغنطيسية امتدا حتى بلغا الثبة الزرقاء ثم رسمت دائرة مارة فيها وفي سمت الراس سميت الهاجرة المغنطيسية. فان لم

يكن للابرة ميل في مكان فهاجرته المغنطيسية توافق هاجرتة الفلكية وإن كان
لها ميل شرقي او غربي فهاجرته المغنطيسية منحرفة عن هاجرتة الفلكية من
الشمال والمجنوب شرقاً وغرباً بقدر ميله وإذا رُسم خط على كل الاماكن التي ميل
الابرة فيها متساو شرقاً او غرباً قيل له خط الميل المتساوي. وإذا رُسم خط على
كل الاماكن التي لا ميل فيها قيل له خط اللاميل وهو يحيط بكرة الارض
ويقسمها الى قسمين شرقي يشتمل الآن على اسيا وامريكا الشمالية والمجنوبية وغربي
يشتمل على اوربا وافريقيا. ولكن خط اللاميل هذا وخط الميل المتساوي ايضاً لا
يبقيان دائماً في مواقع ثابتة بل تتغير مواقعها على تنوالي السنين فربّ مكان
يكون الميل فيه شرقياً يصير لاميل له ثم يصير مبداءً غربياً. وهذا التغير يسمى
الاختلاف الدوري. ويوجد تغيران آخران احدهما سنوي وفيه تعرف الابرة
شرقاً عن ميلها الاصلي في بعض النصول وغرباً في البعض الآخر. والآخر
اليومي وفيه تعرف الابرة شرقاً عن ميلها الاصلي في بعض الساعات وغرباً في



الشكل ١٣٨.

البعض الآخر. هذا فضلاً عن اختلافات أخرى غير منتظمة كما يحدث عند

ظهور للشفق القطبي مثلاً

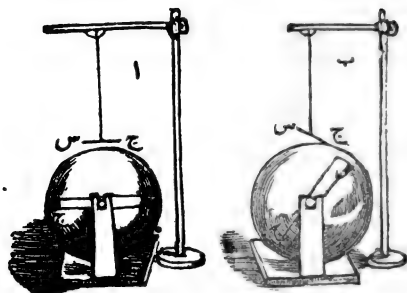
(٤١١) الحك * الحك آلة لمعرفة جهات الاشباح بهل الابرة ولمس الاراضي ولتفح الاسراب في الارض ولارشاد السفن في البحار والراجلين في البوادي والقفار: ترى صورته في الشكل ٢٢٨ وهو عبارة عن علة من الخشب او المعدن مرسوم على قعرها نجمة ذات ست عشرة شعاعاً كلاً منها تدل على جهة من جهات الافق . وعلى محيطها دائرة مقسمة اقساماً متساوية بحيث يقع قسم الصفر منها على شعاع الشمال وقسم ١٨٠ على شعاع الجنوب . وفي مركزها محور من الفولاذ على راسه ابرة مغناطيسية تتحرك بسهولة الى كل الجهات فاذا عرفت الماجرة الفلكية لمكان عرفت منها ماجرته المغناطيسية بواسطة الحك . وذلك بان يدار الحك حتى تقع شعاعه ش ج منه في جهة الماجرة الفلكية تماماً ثم ينظر الى اتجاه الابرة فيكون مقدار انحرافها عن ش ج هو ميل الابرة في ذلك المكان . ويصح ايضاً عكس ذلك اعني انه ان كان ميل الابرة في مكان معروفاً تعرف منه ماجرة المكان الفلكية من انحراف خط ش ج عن الابرة شرقاً او غرباً

اما مخترع الحك وزمان اختراعه فجهولان والظاهر ان الصينيين كانوا يعتمدون عليه منذ زمان طويل واما الاوربيون فلم يذكروا شيئاً عنه حتى القرن الثاني عشر بعد المسيح . وكان الملاّحون يعتمدون على الشمس ونجم القطب قبل استعماله فلا يجترئون ان يتوغلوا في البحر ويغيبوا عن البر مخافة ان تغيم السماء عليهم فيضلوا . واما الان فيخوضون البحار طويلاً وعرضاً ولا يخشون حلك الظلام ولا اسوداد الغمام لان الحك دليلهم فيرشددهم وهو في قبضة يدهم

(٤١٢) انتكاس الابرة * اذا علقنا ابرة من الفولاذ مثل س

ج بحيث (الشكل ٢٢٩) ووضعنا تحتها كرة في داخلها مغناطيس بحيث يقع المغناطيس موازياً للابرة فسواء تمغنطت الابرة او لم

نتمغنط تبقى موازية للمغنطيس . واما اذا وضعنا تحتها كرة بجيـث
يقع مغنطيسها مائلاً لا موازياً للابرة (الشكل ٢٤٠) فيتنحـض
قطبها الواحد نحو القطب الاقرب اليه من المغنطيس ويرتفع
قطبها الآخر . وهذا ما يقال له انتكاس الابرة . وكذلك الامر في

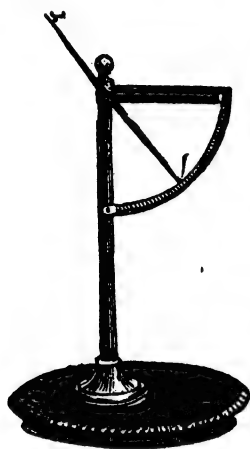


الشكل ٢٣٩

الشكل ٢٤٠

كرة الارض فان الارض تحسب مغنطيساً عظيماً ولذلك اذا
عُلِّقَت الابرة كما تقدم في مكان يبعد بعداً واحداً عن قطبي هذا
المغنطيس لم تنكس قطباً من قطبيها واذا عُلِّقَت في مكان اقرب
الى احد قطبيها ما الى الآخر فاذا لم تتمغنط تبقى على وضعها الاصلي
ولكنها حالما تتمغنط تنكس قطبها المخالف له . ويقاس مقدار
انتكاس قطبها هذا بتركيزها على محور افقي بجيـث تتحرك على دائرة
سمية كما ترى في الشكل ٢٤١ فيعرف الانتكاس من الدرجات
المرسومة على تلك الدائرة
وطبقاً لذلك لا يكون انتكاس في بعض الاماكن الواقعة قرب خط

الاستواء بل مدار الأبره هناك افقية. ومن ثم يأخذ انعكاس القطب الشمالي في
الازدياد كلما تقدّمت شمالاً ويأخذ انعكاس القطب الجنوبي في الازدياد كلما
تقدّمت جنوباً حتى يصير انعكاس كلٍّ منهما 90° أي حتى يصيرا عموديين
على الافق. فاذا رُسم خطٌّ على كل الاماكن التي لا انعكاس فيها سُمّي خط الاستواء
المغناطيسي واذا رُسم خطٌّ على كل الاماكن التي يكون الانعكاس فيها متساوياً
سُمّي خط الانعكاس المتساوي. واما المكانان اللذان يكون الانعكاس فيها 90°



الشكل ٢٤١

فيستبين القطبين المغناطيسيين. وقد وجد
القبطان روس القطب الشمالي منها سنة ١٨٢١
في عرض $70^\circ 14'$ شمالي وطول $96^\circ 40'$
غربي ووجد ايضاً الانعكاس $27^\circ 88'$ في
الوفيانوس الجنوبي على عرض 76° وطول
 168° شرقي فحسبوا من ذلك ومن غيره
ان القطب الجنوبي كان حيثئذ في عرض
 $75^\circ \frac{1}{4}$ جنوبي وطول 104° شرقي ولكنه لم
يحقق مكانه حتى الآن * وكما ان ميل الأبره
يختلف على ممر السنين والفصول والايام كذلك
يختلف انعكاسها اختلافاً دورياً وسنوياً ويومياً ولكن مقدار اختلاف الانعكاس
اقل من مقدار اختلاف الميل

(٤١٢) شدة مغناطيسية الأرض * ان قوة مغناطيسية الأرض
اعظم في بعض الاماكن مما هي في غيرها والعادة ان تكون على
اضعفها في النواحي الاستوائية وعلى اشدّها في النواحي القطبية
ويُعرف الفرق بين قوتها في بعض الاماكن عما هو في غيرها من حدّ
اهتزازات الأبره المغناطيسية في وقت معلوم. لان القوة المغناطيسية تتغير في مكان

كمرّيع عدد امتزازات الابرّة فيه. فان كانت الابرّة مهمّث في مكان مضاعف ما
تمهّنة في مكان آخر في وقت معين كانت المغنطيسية في المكان الأوّل اقوى ما
هي في المكان الثاني باربعة امثال * هذا واذا رسمنا على خارطة الارض خط
الاستواء المغنطيسي والقطبين المغنطيسيين وخط اللاميل وخطوط الميل المتساوي
وخطوط الانتكاس المتساوي وخطوط الشدة المتساوية قبل تلك الخارطة

الخارطة المغنطيسية

(٤١٤) الارض مغنطيس * ظهر ما تقدّم ان الارض توجه الابرّة الى
الشمال والمجنوب وانما تبقيها موازية للافق عند خط الاستواء المغنطيسي
وتنكسها كلما قربت من القطبين المغنطيسيين. وان مغنطيسيتها تزداد شدة
نحو القطبين المغنطيسيين وتقلّ نحو خط الاستواء المغنطيسي. فهي في كل ذلك
تفعل فعل المغنطيس. هذا فضلاً عن كونها تحمل مغنطيسية ما عليها من الحديد
فان كل النضبان الحديدية كحديد القوت والكراسي وقضبان الصاعقة وما
اشبه اذا كانت عمودية على الارض تكون مغنطيسيتها ممّخلة وقطبها الشمالي الى
جهة الارض وقطبها الجنوبي الى خلافها كما يظهر من تقريب الابرّة المغنطيسية
اليها. ولا ريب ان حجر المغنطيس كان قبلاً حديدًا فغنطته الارض بالحمل
المغنطيسي. ولذلك تُحسب الارض مغنطيسًا عظيمًا ذا قطبين وخط استواء.
ولما كان القطب الشمالي من المغنطيس يجذب القطب الجنوبي من الابرّة
وبالعكس فاذا حسبنا طرف الابرّة المنجّه الى الشمال قطبها الشمالي وجب ان
نحسب قطب الارض المغنطيسي المقابل له القطب الجنوبي^(١). والشائع في
الاصطلاح ان يسمّى هذا القطب الشمالي ايضاً والآخر الجنوبي فراراً من الالتباس
ولو كان الاصطلاح مخالفاً للواقع

اما مصدر مغنطيسية الارض فغير معروف والمظنون من ادلة شتى ان

(١) الفرنسيون يسمون القطب الشمالي من الابرّة الطرف المتجه الى الجنوب
والقطب الجنوبي منها الطرف المتجه الى الشمال واما الانكليز فاصطلحوا كما في هذا الكتاب

حرارة الشمس تؤثر في الارض فتخرج فيها مجاري كهربائية وهذه المجاري تولد فيها المغنطيسية كما سيأتي . والله اعلم



الفصل الثاني

في كهربائية الاحتكاك

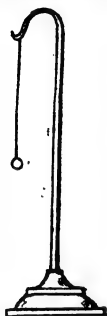
(٤١٥) حدود * الكهرباء قوة تظهر على الاجسام لاسباب شتى كالاحتكاك والضغط والتركيب والتحليل الكيميائي ونحو ذلك . فاذا ظهرت على جسم بالاحتكاك او بغيره قيل ان ذلك الجسم قد تهيئ وإذا انتقلت من جسم متهيئ الى جسم ثان قيل ان هذا الجسم الثاني قد تكهرب

(٤١٦) كهربائية الاحتكاك * هذه الكهرباء تظهر على

الاجسام باحتكاكها

فاذا مشط الشعر بمشط من الكوناير خاسع له طفطنة لان احتكاك الشعر بالمشط يخرج فيه كهربائية تفرق . واذا حك صوف المر في الظلام بدا منه الشرر لان الكهرباء تخرج فتضيء . واذا مشى الانسان في الايام الباردة المجافة على الطنافس بالاجربة يخرج في جسده كهربائية غير قليلة حتى انه اذا قرب اصبعه الى حنفية الغاز يشعله ما فيه من الكهرباء . واذا حكّت انبوبة من الزجاج بتدليل من الحرير تهيئ فيها الكهرباء فتجذب الاجسام الخفيفة ثم تدفعها

واذا قربها الانسان الى وجهه شعر كأن عليه نسج العنكبوت
(٤١٧) الإلكتريسكروب * الإلكتريسكروب آلة يعرف بها تنهيج الكهرباء
في الاجسام . وهو على اشكال شتى منها الإلكتريسكروب الرقاص وهو مخطط من



الشكل ٢٤٢

الحزير في اسفلو كرة من لب السبسان ومربوط من اعلاه
براس ملتوي من انبوبة زجاجية (الشكل ٢٤٢) فان كانت
الكهربائية مهيبة في جسم وقدم الى كرة لب السبسان اجذبها
ثم دفعها وان لم تكن الكهرباء مهيبة فيو تركها على ما هي
غير انه اذا كانت كهربائية الجسم ضعيفة لا تؤثر في

الإلكتريسكروب الرقاص فيستعاض عنه بالكتريسكروب ورق
الذهب وهو ورقان رفيعتان من الذهب (الشكل ٢٤٢) معلقتين

بشريطة من النحاس مارة في انبوبة من الزجاج ومنتهية بقرص من النحاس هو
غطاء الفينة التي تحتوي هذه الاجزاء كلها . فاذا قرب الجسم
المكهرب الى القرص ب تدافع الورقتان فتبعد احدهما عن
الآخرى



الشكل ٢٤٣

(٤١٨) الكهرباء نوعان * ان الكهرباء

نوعان زجاجية وايجابية (+) وراتنجية او سلبية (-)

فالاجسام التي كهربائيتها متشابهة تدافع والتي كهربائيتها متخالفة
تتجاذب كالمنطيس

وليان ذلك : افرك انبوبة من الزجاج بمندبل من الحزير حتى تنهيج
الكهربائية فيها ثم قربها من لب السبسان في الإلكتريسكروب الرقاص فنجذب
حتى تكهرب ثم تدفع ولا تعود تجذب ما دام مكهربا منها . ثم افرك قضيبا من
شبع الختم بقطعة من الفرو او الصوف حتى تنهيج فيه الكهرباء وقربه الى لب

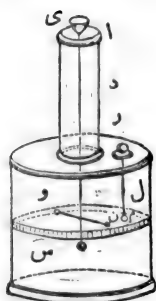
السيسبان المكهرب من الزجاج فيجذبها حالاً حتى يكهربه ثم يدفعه ولا يعود يجذبها ما دام مكهرباً منه . أعد انبوبة الزجاج على اللب حينئذ فيجذبها اليها حتى تكهربه ثانية فتدفعه ثم أعد قضيب الختم عليه فيجذبها حتى يكهربه فيدفعه . فظهر من ذلك ان كهربائية الزجاج تجذب ما تدفعه كهربائية شمع الختم وكهربائية شمع الختم تجذب ما تدفعه كهربائية الزجاج فاذا هما نوعان مختلفان احدهما يسمى زجاجياً او ايجامياً لظهوره على الزجاج والآخر يسمى راتنجياً او سلبياً لظهوره على شمع الختم وهو صمغ راتنجي

اما كون الاجسام المتشابهة الكهربائية تتنافع والمتخالفة الكهربائية تتجاذب فينتفع ما يأتي علاقة على ما تقدم : كهرب كرتين من لب السيسبان يكهربان بالزجاج وقرب احدهما الى الاخرى فتتدافعا وتنباعان كأنهما متجافيتان . وكذلك كهرب كرتين اخريين من لب السيسبان ايضاً يكهربان بالشمع الختم وقرب احدهما الى الاخرى فتتدافعا كتنافع الكرتين المكهربتين بالزجاج . ثم قدم هاتين الكرتين الى تينك الكرتين فتجاذب حالاً طبقاً لما تقدم من ان الاجسام المتشابهة الكهربائية تتنافع والمتخالفتها تتجاذب

(٤١٩) ناموسا الكهربائية * للكهربائية ناموسان احدهما تنافع الاجسام المتشابهة الكهربائية وتجاذب المتخالفتها وقد مر . والثاني انها تتغير بالقلب كربع البعد فتزيد بقدر ما ينقص مربع البعد وبالعكس

ولبيان ذلك يعمل ميزان التل الذي اخترعه كُولمب وهو مؤلف من اسطوانة من الزجاج مغطاة من اعلاها بغطاء من الزجاج ايضاً (الشكل ٢٤٤) وفي وسط هذا الغطاء انبوبة من الزجاج د غير ثابتة بل تدار فيه عند الارادة وعلى اعلى هذه الانبوبة غطاء من الخحاس امركب عليها بحيث يمكن ان يدار

بالزرّي . وعلى الغطاء ا هـ دائرة مقسومة ٣٦٠ درجة تدور معه بدورانه .



الشكل ٢٤٤

ويتصل بهذا الغطاء شريطة دقيقة جداً من النضة طول قدم منها لا يزن أكثر من $\frac{1}{10}$ القمح معلق بها قضيب دقيق من اللك وله عند رأسه قرص صغير من ورق النحاس . وقرب حافة الغطاء رثقب ثاق يتزل منه قضيب من الزجاج في اسفله كرة من لب المسبب مذبذبة وفي اعلاه منبض من الخشب يرفع ويرجع عند الارادة . وعلى دائرة الاسطوانة الزجاجية دائرة مقسومة ٣٦٠ درجة والصفر منها واقع مقابل الكرة المذبذبة م

وكيفية العمل بهذا الميزان ان يجفف هواؤه أولاً بوضع قليل من كلوريد الكلس فيه فيمتص رطوبته . ويدار الزرّي حتى يقع الصفر الذي على الغطاء اتجاه سبابة عند ا لم ترسم في الشكل وتدار الانبوبة دايضاً حتى تغلّ شريطة النضة من الفتل تماماً ويمس القرص ن الكرة م ويقابل كلاهما الصفر على المقاييس س . ثم ترفع الكرة م وتكهرب وتردّ وعندما تمس القرص ن تكهرب فيندفع عنها وبعد ان يهتز مدة يهدأ على بعد معين عنها لان اندفاعه يقفل الشريطة المعلق بها والشريطة تقاوم اندفاعه فتهدئه . ولنفرض انه هدأ على بعد عشر درجات . فاذا ادركنا الزرّي حينئذ حتى نردّ هذا القرص الى م وجدنا انه لا يرتدّ خمس درجات حتى يكون الغطاء ا قد دار خمساً وثلاثين درجة . فتكون شريطة النضة قد انتقلت من راسها مقابل ا خمساً وثلاثين درجة ومن اسفلها خمس درجات : اعني انها تنقل برّد القرص ن خمس درجات مع مضادة دفع الكهربائية له كما تنقل لو اندفع القرص ن اربعين درجة . والاربعون درجة هي اربعة اضعاف العشر الدرجات وقوة الفتل تقاس بزواياها كما اثبت ذلك الطييعيون بالتجربة . فاذن تكون القوة اللازمة لمقاومة قوة الكهربائية على بعد خمس درجات اربعة اضعاف القوة

اللازمة لمقاومتها على بعد عشر درجات أي ان القوة الكهربائية على بعد خمس درجات هي أربعة اضعاف قوتها على بعد عشر درجات . فإذا قوة الكهرباء تنقص بقدر ما يزيد مربع البعد وبالعكس وهذا معنى قولنا انها تتغير بالقلب كمربع البعد . وعلى مثل ما تقدم بمتعلم ان القوة المغناطيسية تجري على هذا الناموس (عد ٤٠٥) . وعلى الاسلوب نفسه يجري الامتحان اذا جذبت كرة الفضل الفرص ن غير ان الكرة والفرص مِلَّان لذلك كهربائيتين مختلفتين متساويتين المتلار . فترفع انبوبة الزجاج د قليلاً ويُعطى القرص المتحرك اذ تكون الكرة خارجاً عن الميزان كمية ما من الكهرباء بواسطة دبوس منفصل (أي منفصل عن اليد بزجاج وسبائك الكلام بعيد هذا عن الانفصال) . والمتناس ا يوضع بحيث يبعد ن عن الصفر درجات مفروضة يعينها المتناس الاسفل س . ثم تملأ الكرة الثابتة كهربائية مخالفة لتلك وترجع الى مكانها فيسير القرص حينئذ نحو الكرة بالمجاذبية الكهربائية ولكن عائق قوة التفل في شريطة الفضة يمنع عن الوصول اليها فيبقى القرص على بعد درجات بحيث تكون موازنة بين قوة الجذب الكهربائي للجمع بينها وقوة التفل للفرق بينها . ثم حين يُدار المتناس عند ا حتى تصير تلك الدرجات مضاعف ما كانت مثلاً ترى قوة التفل قد صارت ٤ اضعاف . وذلك ايضاً يثبت الناموس المار ذكره

(٤٢٠) ماهية الكهرباء * ان ماهية الكهرباء غير معروفة بالقطع وقد كانوا قبلاً يظنون انها مادة سائلة لطيفة جداً لا وزن لها متخللة دقائق كل الاجسام واما الآن فيظنون انها كالنور تحصل من اهتزازات دقائق الاجسام فلا تكون مادة بل نوعاً من الحركة التي تتحركها دقائق الاجسام . غير انها مها كانت فهي في كل جسم نوعان وما دام هذان النوعان متوازنين في الجسم يقاوم احدهما قوة الآخر فلا يظهران واما اذا اختلت موازنتها بلباع من الدواعي كالاحتكاك والحل والتركيب الكيماويين فينفصل كل منهما عن الآخر ويظهر الواحد على الجسم في جهة مخالفة للجهة التي يظهر الآخر عليها . وهذه الموازنة

تختل باقل الاشياء في قص قطعة صغيرة من اللحم بسكين من الفولاذ وشوكة
تختل موازنة نوعي الكهرباء فيها حتى يظهر منها ما يكفي لتحريك ابرة
التلغراف . غير انه كما تختل الموازنة باقل الاشياء تعود على اسهل سبل فلا
نشعر على الغالب باختلالها ولا يعود ما

(٤٢١) ظهور نوعي الكهرباء معاً * كلما حُك جسمٌ بآخر
يختل نوعا الكهرباء فيها فيظهر احدهما على الحاك والآخر على
المحكوك

اذا حككنا انبوبة من الزجاج بمندبل من الحرير تكرب الزجاج ايجاباً
والحرير سلباً كما يُعرف من تقريبها الى الالكتريسكوب . ولا يتوهم من ذلك ان
الجسم المحكوك يتكرب دائماً ايجاباً والحاك سلباً لان عكس ذلك يقع في بعض
الاجسام كوقوعه هو في غيرها . وهاك قائمة مرئية على شكل انه اذا حُك جسمان
من الاجسام المذكورة فيها احدهما بالآخر فالسابق منها يتكرب ايجاباً والتالي
يتكرب سلباً

(١) فروالتر	(٤) الزجاج	(٧) الخشب	(١٠) الراشح
(٢) الفلانا	(٥) النطن	(٨) اليد	(١١) المعادن
(٣) العاج	(٦) الحرير	(٩) اللك	(١٢) الكبريت

(٤٢٢) الموصل والفاصل * ان الكهرباء تختل على بعض
الاجسام باعظم صعوبة وعلى بعضها باعظم سهولة وعلى بعضها بين
بين فالتى لا تختل عليها الا باعظم صعوبة يقال لها اجسام فاصلة
او غير موصلة والبقية يقال لها اجسام موصلة

فالخاص من احسن الاجسام الموصلة وذلك يتمثل في التجارب الكهربائية

كلها والزجاج من احسن الاجسام الفاصلة. والجسم الواحد قد تختلف قوته على الاتصال باختلاف درجة حرارته واختلاف هيئته فالماء يوصل الكهرباء جيداً على حاله الطبيعية ولكنه يزيد قوة على الاتصال بزيادة حرارته وينقص قوة على الاتصال بزيادة برودته او بتحويله بخاراً او جليداً او ثلجاً جافاً وقد تختلف قوة الجسم على الاتصال ايضاً باختلاف حالته وتركيبه الكيماوي فالمصا الخضراء موصلة والمشوية المجافة غير موصلة والفحم موصل والرماد غير موصل . وبالاجمال يقال ان المعادن والماء وكل الاجسام الرطبة والحيوانية والنباتية والارض نفسها موصلة واما المواد الجافة وكل المواد الراتنجية والزجاجية ففاصلة وهاك قائمة تشتمل على اسماء اجسام اجود الاجسام الموصلة والفاصلة

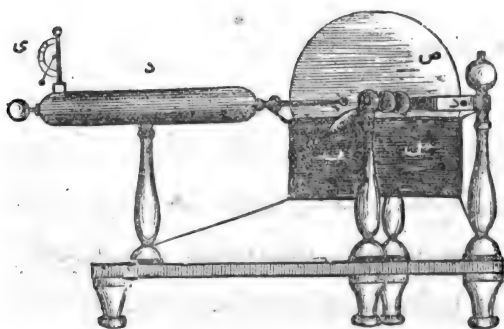
الموصلة		الفاصلة	
المعادن	المحامض	المواد والغازات المجافة	الشمع
الفحم	النباتات	الورق الجاف	الكبريت
اللهب	الحيوانات	الحديد والزجاج	الكهرباء
الماء	الثلج	الماس والتجارة الكريمة	اللك

(٤٢٢) حصر الكهرباء وجميعها اذا تكرب جسم موصل لم تبق الكهرباء فيه بل حالما لمس الارض التي هي موصل جيد ايضاً تنتقل الكهرباء منه الى الارض (الحوض الكهربائي العظيم) . ولذلك لا تظهر الكهرباء على النحاس مما حكت ليس لان حكمه لا يهيج الكهرباء فيه (مع ان الكهرباء تنهيج في كل جسم يحك) بل لانه موصل جيد فحالما تنهيج الكهرباء فيه تقلت منه وتجنّاز الى جسم من يحكه . ولما كانت الاجسام الفاصلة لا تؤذن للكهربائية بالاجتناب عليها فاذا احاطت بجسم موصل حصرت كهربائيتها فيه ولم تنفع لما منفذاً للانفلات منه فيقال حينئذ ان ذلك الموصل مفصول . وعليه يفصلون الموصلات بعمل قوائمها من الزجاج او بوضعها على اقراص من الراتنج او بلف خيوط من الحديد عليها ونحو ذلك . غير ان اجود الاجسام الفاصلة لا بد ان يسمح لقليل

من الكهرباء بالاجتناز عليه ولذلك لا بد من ان تفلت الكهرباء من جسم
مكهرب على طول الزمان ولو فصل باحمن فاصل . هـذا فضلاً عن ان رطوبة
الهواء تزيد قوة الفاصل على الاتصال ولا سيما الزجاج لان رطوبة الهواء
تتكاثف عليه كثيراً . ولذلك يعسر حصر الكهرباء في الايام الرطبة الهواء او
الغنية المطرة . وهـذا هو السبب في كون الآلات الكهربائية لا تعمل جيئاً اذا
كان الهواء حولها رطباً

الآلات الكهربائية

(٤٢٤) آلة رمسدين الكهربائية * الآلة الكهربائية كل آلة
تُجمع بها الكهرباء . وأول من اخترعها أطوفن كيركي مخترع مفرغة
الهواء . والغرض الآن وصف آلات كهربائية المحك وهي عديدة
نذكر منها آلة رمسدين وتُعرف بذات القرص



الشكل ٢٤٥

اشهر اجزاء هذه الآلة اربعة القرص والمحاكّان والفضيب المسنّن والموصل
الاعظم . اما القرص فمصنوع من الزجاج ص (الشكل ٢٤٥) ويوضع بين قائمتين

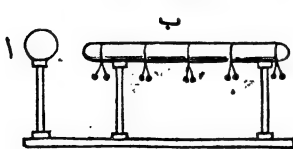
من الخشب الصلب الجاف ويدار بواسطة مقبض . واما الحاكّان س س
فُيَصْنَعَانِ من الحرير او من الجلد المطلي بملغم وهو مزيج من التوتيا والقصدير
والزئبق ويوضعان على جانبي القرص ويلصقان به بواسطة لولاب حتى يجذك
بهما متى دار . واما الفضيبي المسنّن ففضيب من النحاس له على احد جوانبه
اسنان يمتد من طرف الموصل الاعظم حتى تقع اسنانه قبالة قرص الزجاج
وقربه . وقد يكون في الآلة قضبان منه . واما الموصل الاعظم فاسطوانة من
النحاس د موضوعة على قائمة من الزجاج ومستديرة الطرفين حتى لا يسرع
افلات الكهربائية منها الى الهواء ويمتد الفضيبي المسنّن من طرفها الذي يلي
القرص ولما في طرفها الآخر كرة من النحاس

وكيفية جمع الكهربائية بهذه الآلة ان يدار القرص ص فيجذك الحاكّان عليه
فتتجمع فيه الكهربائية الايجابية وتتهدج فيها الكهربائية السلبية كما يعرف بالالكترسكوب
ثم تنتقل كهربائية القرص الى اسنان الفضيبي المسنّن لان الكهربائية تطلب
الرووس كما سيجي وتجتاز عليه حتى تجتمع في الموصل الاعظم المتصل على
قائمة الزجاج . ثم انه اذا بقيت الكهربائية السلبية على الحاكّين تطلب دائما ان
تُجذَ بالكمربائية الايجابية التي تتهدج على الزجاج واذا انحدرت بها عادت الموازنة
بينها ولم يمكن جمع واحدة منها . ولذلك تُعلّق بالحاكين سلسلة او اكثر من
النحاس لم ترسم في الشكل وتدلّ الى الارض (حوض الكهربائية العظيم) فتتحد
كهربائيتها السلبية بكمربائية الارض الايجابية وتبقى كهربائية قرص الزجاج وحدها
هنا اذا اريد جمع الكهربائية الايجابية واما اذا اريد جمع الكهربائية السلبية
فتفصل قوائم الآلة بوضعها على صفائح سميكة من الزجاج او من الراتنج وتدلّ
من الموصل الاعظم سلسلة معدنية الى الارض لتوصلها بها . فبعد ما تتهدج
الكهربائية بجذك الحاكّين على القرص تنقلت الايجابية من الموصل الاعظم الى
الارض بواسطة السلسلة المعدنية واما السلبية فتبقى على الحاكّين * واذا كانت
هذه الآلة متينة العمل جديدة الملمع وكان الهواء جافا نُخَطُّ فيها دوائر من النور

حول القرص مؤلفة من شرار كهربائي يظهر ما بين سطح القرص والحاك وتسمع له طنطنة ويتناول الشرار الكهربائي من الموصل الاعظم عن بعد بضعة قراريط

(٤٢٥) الكنترومتر الربع * كثيراً ما نسمي الكهرباء بالسيال الكهربائي وموافقة لذلك يقال ان هذا الوعاء مملوء من السيال الكهربائي اعني انه قد تكهرب. ومقدار هذا الامتلاء متفاوت. فاذا اردنا ان نعرف مقدار امتلاء الموصل الاعظم في ذات القرص استعملنا الكنترومتر الربع ي (الشكل ٢٤٥) وهو نصف دائرة من العاج او نحو محمول على عمود من الخشب ومقسوم مئة وثمانين درجة يتدث عددا من اسفله فصاعداً. وفي مركزه قضيب دقيق من عظم المحوت يتحرك على نفسه وله في رأسه كرة من لب السبسان ويسمى دليل الالكنترومتر. فاذا كان الموصل الاعظم خالياً من الكهرباء كان هذا الدليل مدلي نحو الموصل الاعظم عمودياً على الافق. وكلما امتلأ الموصل الاعظم كهربائية تكرب الدليل منها ودفعه عنه فيرتفع الدليل على الدرجات ويقف عند ما تبلغ الكهرباء حداً في الزيادة فيعرف مقدارها من الدرجات التي ارفع الدليل عليها

(٤٢٦) المحل الكهربائي * اذا انفصل جسم موصل للكهربائية ووضع على بعد معين من جسم آخر مكهرب تكرب هو ايضاً بانحلال نوعي كهربائيه. ولذلك يقال انه تكرب بالمحل



الشكل ٢٤٦

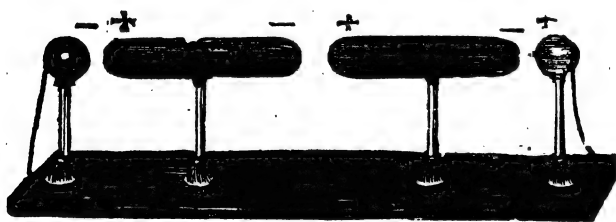
ولبيان ذلك افصل جسماً مكهرباً مثل (الشكل ٢٤٦) وعلق ازواجاً من كرات لب السبسان على وسط جسم موصل ب وعلى اقسام آخر منه كما ترى وافصل هذا الموصل

بوضعه على قوائم من الزجاج وضعه قرب الجسم المكهرب ولكن أبعد من ان

تتغل الكهربية البو شرراً فتجد ان كل زوج من ازواج لب السبسان تدافع
كرناه وتباعلان الأ الزوج المعلق في وسط الموصل تماماً . وان تباعد كرات
كل من الزوجين المعلقين على الطرفين يزيد عن تباعد غيرها وياخذ من ثم في
التناقص بين كل كرتين من بقية الازواج حتى يتلاشى في الوسط

ثم ان كانت كهربية الجسم ايجابية وقرب الالكترسكوب الى الموصل ب
يوجد نصفه المتجه الى اسليبا ونصفه الآخر ايجابيا وان كانت كهربية اسلبية
كانت كهربية نصف الموصل ب المتجه البو ايجابية وكهربية النصف الآخر
سلبية . اي ان النصف الاقرب الى يتكهرب بخلاف كهربيته والنصف الأبعد
يتكهرب بمثل كهربيته . فيكون كل طرف من طرفي الموصل قد تكهرب
بكهربية مخالفة لكهربية الآخر ويقال انه قد استقطب

وعليه اذا وضعت موصلين او اكثر بين كرتين من التماس كما ترى في
الشكل ٢٤٧ ووصلت احدى الكرتين بالنقطب الايجابي من الآلة الكهربية
والأخرى بالنقطب السلي فالموصلان يتكهربان ويستقطبان بالحل الكهربي.
فتختلف كهربية الكرة كهربية الطرف الاقرب اليها من الموصل الذي يليها
وتشابه كهربية الطرف الأبعد عنها منه



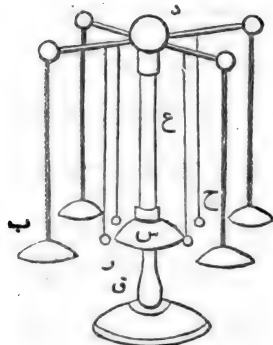
الشكل ٢٤٧

(٤٧) تعليل ٢ الحل الكهربي * ذهب العلامة فارادي في تعليل الحل
الكهربي . اولاً ان دقائق الجسم تفعل بها الكهربية بالحل كما تفعل بالوصلات
اتي مر الكلام عليها فتكهرب احد قطبيها ايجاباً والآخر سلباً . وذلك انه متى

استنطبت دقيقة تحمل كهربائيتها تحمل في كهربائية الدقيقة المجاورة لها وهذه تحمل كهربائية الدقيقة المجاورة لها أيضاً وهكذا حتى تستنطبت دقائق الجسم كلو فيكون طرف كل دقيقة منها مكهرباً بعكس كهربائية الطرف المقابل له * وثانياً ان الدقائق التي قد انحلت كهربائيتها فاستنطبت كما تقدم اذا كانت في فاصل فكهربائية كل منها تبقى فيها ولا تنتقل الى غيرها واما اذا كانت في جسم موصل فكهربائيتها لا تبقى فيها بل تنتقل منها الى المجاورة لها حتى نتجبع الايجابية منها على طرف والسلبية على آخر كما مر في استنطاب الاجسام الموصلة (عد ٤٢٦)

(٤٢٨) الجذب والدفع الكهربائيان * لا يحصل جذب

بالكهربائية ولا دفع على الاطلاق ما لم يسبقها الحمل الكهربائي كما في المغنطيس (عد ٤٠٦)



الشكل ٢٤٨

ويضع ذلك من دق الاجراس الكهربائية (الشكل ٢٤٨) فالجرسان ا و ب معلنان بسلسلتين على قضيب معدني (وكذلك ا الجرسان اللتان يليانها) ويتصل بهذا القضيب كرتان معدنيتان ايضاً ح و ر معلنتان ومفصولتان بغيرطين من الحرير ويوجد جرس آخر متصل بالارض بواسطة القاعة ق التي

هو عليها ومنفصل عن الكرة المعدنية د بفاصل من الزجاج ع. فتوصل الكرة د بالموصل الاعظم من الآلة الكهربائية وترسل الآلة الكهربائية الايجابية منه الى الجرسين ا و ب. ثم ان هذين الجرسين يحملان كهربائية الجررس س فتصير كهربائية سلبية ويحملان ايضاً كهربائية الكرتين ويجذبانها حتى يلاهما من كهربائيتها ثم يدفعانها فيجذباها الجررس س حتى يلاهما من كهربائيتها ثم يدفعها فتفراقص الكرتان بين هذه الاجراس الثلاثة فتدق تارةً هنا وطوراً هذين ما

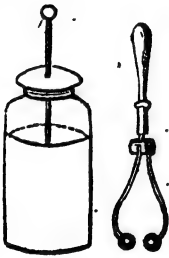
دامت الكرة د توصل الكهربية اليها . وهكذا يقال في الجرسين الآخرين المعلقين



الشكل ٢٤٩

ويضع ذلك ايضاً من التماثيل الراقصة (الشكل ٢٤٩) وهي تماثيل صغيرة من لب السبسان توضع بين قرصين معدنيين اعلاهما يدلى بسلسلة من الموصل الاعظم واسفلها يتصل بالارض . فعند ادارة الآلة الكهربية يتكرب القرص الاعلى بالكهربائية الاجماية فيجذب القرص الاسفل ويكهربه بالسلبية ويجذب التماثيل ويدفعها ثم يجذبها القرص الاسفل ويدفعها ايضاً فتراقص بينها ^(١) * وعلى ما تقدم يعلل جذب الزجاج المحكوك لللب السبسان ودفعه له

(٤٢٩) القنبلة الليدية * هذه قنبلة من الزجاج مكنتية من الخارج ومبطنة من الداخل بورق القصدير الا اعلاها من قرب مغنى عنها فما فوق



الشكل ٢٥٠

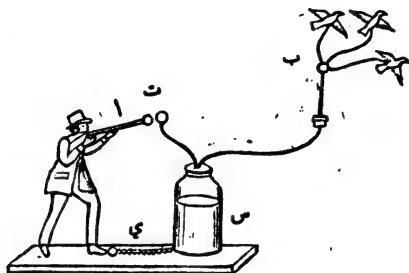
(الشكل ٢٥٠) ولها سداد من الخشب المشوي يمر في وسطه شريطة معدنية في راسها فتاحة من النحاس وفي اسفلها سلسلة تئدلى الى بطانة القصدير وتملاً كهربائية بأن تقرب فتاحتها الى الموصل الاعظم من الآلة الكهربية ويوصل كساؤها القصدير الخارجي الخارج بالارض بواسطة جسم موصل . فيجري شرر من الموصل الاعظم

الى بطانتها القصديرية . وتفرغ من الكهربية بآلة يقال لها المطلق وهي شعبتان معدنيتان مدمكنا الراسين ولهما مقبض فاصل من الزجاج . فيوضع راس احدهما على فتاحة القنبلة ورأس الأخرى على كساها الخارجي فيحدث من ذلك

(١) يدار لذلك قرص الآلة الكهربية ببطء واذا غرزت دهايس في اقدام التماثيل مكنت دوسها

نور وصوت. وتنصل اجزاء صغيرة من البطانة والكساء فتحترق وتلَوْن النور وتزبد لمعانا. ولو لمس الانسان الفتاحة بيده الواحدة والكساء بيده الاخرى والفتينة ملائمة لشعر هزة عينة ربما تنضي عليه^(١)

ويضع الامتلاء والتفريغ من الشكل ٢٥١ فاذا ملئت كهر بائية تكهربت المصافير المعلقة فتلافت وتطايرت. ثم اذا مست السلسلة ي رجل التمثال



الشكل ٢٥١

المعدني المحامل البندقية الماسة تنفرغ الفتينة بصوت كطلفة البارودة فتسقط المصافير لتنفرد كهر بائتها ويظهر كأن التمثال قد رماها بالبارودة فاصابها

(٤٢٠) ابضاج الفتينة الليدنية * قد تقدم ان لفظة الامتلاء تستعمل في الكهر بائية مجازا لاحتمية ولذلك يكون امتلاء الفتينة الليدنية من الكهر بائية مغايرا لامتلاء المجرة من الماء فان اللوح الزجاجي يمكن ان يمتلي كهر بائية كما تمتلي الفتينة الليدنية اذا لبس قصديرا مثلها. فالاغتماد في هذا الامتلاء على

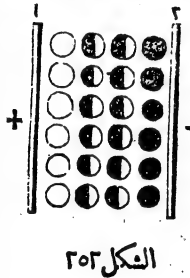
(١) تنسب هذه الفتينة الى مدرسة ليدن الجامعة في هولندا لان الاستاذ موشنبروك اكتشفها هناك سنة ١٧٤٦ وذلك انه اراد ان يكهرب الماء في فتينة فادخل في سدادها شريطة معدنية تصل الى الماء وقربها الى الموصل الاعظم بيده الواحدة ثم بدا له ان يرفع السداد فمسك الشريطة بيده الاخرى وللحال شعر هزة عينة في ذراعيه وصدره كادت تنفسي عليه وابفته يوبون عيلا. وبعد قليل كتب الى صديقه رومير الفرنسي رسالة يقول فيها اني لن اعيد ذلك ولو بفرنسا كلها

وجود سطرين موصلين للكهربائية بفصل بينهما جسم غير موصل لما كسءاء
التصدير وبطائنه وزجاج القنبنة الليدنية بينهما . والدليل على كون القصد بر
لا يفيد إلا الاتصال في القنبنة الليدنية ونحوها هو انه اذا صنع للقنبنة كسءاء
وبطانة بر كبان عليها ويتزان عنها عند الاقتضاء فتى ملئت كهربائية وتزعا
عنها لا ينفلت من الزجاج ولا من واحد منها وحده ولا من اثنين معا من هذه
الثلاثة الأقليل جدا من الكهربائية . ثم اذا ركبا عليها وأطلقت الكهربائية
بالمطلق ظهرت بقدر ما تظهر لو كانا يتزان عنها

ويتضح امتلاء القنبنة من الشكل ٢٥٢ وهو صورة قطعة صغيرة من جانب
من جوانب القنبنة مكبرة ١ بطائنها ٢ كسءاؤها والكريّات التي بينها الدقائق
المثآلف الزجاج منها . فعند دخول الكهربائية الايجابية من الموصل الاعظم
الى داخل القنبنة توزعها البطانة على القنبنة فتستقطب دقائق الزجاج وتثلى

دقائق الكسءاء الخارجى كهربائية ايجابية بالحمل . ثم ان
البطانة التي تكهربت بكهربائية الموصل الاعظم
الايجابية ترد اليه من كهربائيتها السلبية قدر ما نالته
من كهربائيتها الايجابية . والكسءاء الذي تكهرب سلبا
يفلت من كهربائيتها الايجابية قدر ما نال من السلبية
ولذلك اذا انفصل ولم يتصل بموصل ما ليفلت
كهربائية الايجابية اليه ينقطع دخول الشرر الكهربائي الى القنبنة . ولما كان
الكسءاء والبطانة يفلتان قدر ما ينالان من الكهربائية فسواء امتلأت القنبنة او
لم تمتلى يكون مقدار الكهربائية فيها واحدا وانما الفرق في الخاليف انها متى
امتلأت توزع الكهربائية فيها خلاف توزعها متى فرغت . ولجل ابضاها
بعبارة ايسر واسهل نقول

انه في القنبنة الليدنية بالوصل بين الآلة الكهربائية وبطانة القنبنة نجمع
كمية وافرة على البطانة من الكهربائية الايجابية عند تشغيل الآلة فيجذب تلك



الكمية كمية وافرة بقدرها من السلبية من الارض الى الكساء الخارج بواسطة سلسلة معدن او موصل آخر بينها وتدفع عنه الايجابية الى نحو الارض اذ تكون صفيحة زجاج فاصلة بين الكمية الايجابية على البطانة والسلبية على الكساء فلا يتأتى تفرغها . واذا بطلت الآلة وُرفِعَ الموصلان المذكوران الى مائدة منضولة تكون قد وُضِعَتْ عليها الفينة نَحْفَظُ الكِيتان المتصولتان مدة . واذا وصل بينهما عند الارادة بالاطلاق يحصل التفرغ . ثم لان الكيتين المجمعتين بين الزجاج وكل من البطانتين تزدادان الى حد ما ولا نتجاوزانه وان بنيت الآلة تشتغل يقال مجازاً حيثئذ ان الفينة قد امتلأت ويقال للكيتين المجمعتين الامتلاء الكهربائي للفينة . واذا وُصِلَ الكساء بالآلة وبطانة الفينة بالارض يعكس العمل وتجميع الكهربائية الايجابية على الكساء والسلبية على البطانة (٤٢١)

الفينة قوة . واتساع سطحها اما ان يكون بتكبير الفينة او بتكثير عدد الفئاني الصغيرة ووصل سطوحها معاً بموصلات . ويقال لهذه الفئاني البطارية الليدنية وكنية وصل بطاناتها ان يمد شريط موصل من فتاحة الى أخرى من فتاحاتها ووصل كسائهما ان توقف كلها على سطح واحد معدني . فبئلا وتفرغ كالقنبلة الواحدة

(٤٢٢) تجميع الكهرباء على الاجسام * اذا تكهرب الجسم تجمعت الكهرباء على سطحه وغلفت كل ظاهره غلافاً رقيقاً يفلت كلما سحقت له الفرصة

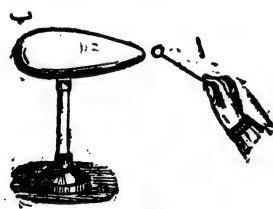


الشكل ٢٥٣

ولبيان ذلك طرُق شتى منها علانية يورثي ان تركر كرة من النحاس على فاصل من الزجاج ثم انه يطبق عليها نصفاً كرة مجوفة من النحاس لكل منها مقبض فاصل من الزجاج وتقرّب الى جسم مكهرب حتى تتلى من كهربائيتي ويتزع النصفان

عنها حالاً بعد امتلائها وينفريان الى الالكترسكوب فيجذبان كرة السيسبان
ثم يدفعانها في الالكترسكوب الرقاص ويعلمان ورقتي الذهب احدهما عن
الاخرى في الكترسكوب ورق الذهب . واما الكرة النحاسية نفسها فلا تفعل
شيئاً مما تقدم وذلك يدل على ان الكهر بائية تجتمع على سطح نصف الكرة .
وسبب ان دقائق الكرة النحاسية توصل كهر بائيتها بسهولة الى كل الجهات فلا
تجتمع الكهر بائية فيها . واما دقائق النصفين اللذين عليها فلا تفلت الكهر بائية
منها الا بصعوبة لانها محاطة بدقائق الهواء ودقائق الهواء غير موصلة فتجتمع
الكهر بائية عليها

(٤٣٣) شكل الجسم وتوزع الكهر بائية عليه * اذا كان
الجسم كروياً توزعت الكهر بائية على كل سطحه بالسواء واما اذا
كان مستطيلاً مرأساً فتجتمع بالاكتر على راسه وتطلب الافلات
عنه من هناك



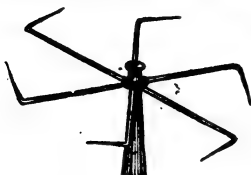
الشكل ٢٥٤

وليان ذلك خذ سطح اليان وهو قضيب
من الملك على راسه قرص رقيق مستدير من
المعدن ومس به جسماً كروياً مكهرباً في اقسام
متعددة منه وكلما مسست قسماً به قربه الى
الالكترسكوب الرقاص فيجد ان منظار جذبه

للب السيسبان واحد دائماً وذلك يدل على ان الكهر بائية متوزعة بالسواء على
كل قسم من الجسم الكروي * ثم قرب سطح اليان ا (الشكل ٢٥٤) من
جسم مرأس مكرب كالجسم النحاسي ب الموضوع على قائمة فاصلة من الزجاج
فيجاد ان الكهر بائية المنقولة عن بعض اقسامه اشد جذباً ودفعاً لللب السيسبان
من المنقولة عن بعض آخر . وان المنقولة عن راسه اشد فعلاً من الجميع وما

ذلك الآن الكهرباء تطلب الرؤوس وتجمع عليها

وعلى ذلك قرب شريطة دقيقة الرأس الى الموصل الاعظم من ذات
القرص فيجذب راسها كل كهربائية فتظهر عليه لامة كاللوكب. اوزر كهذه



الشكل ٢٥٥

الشريطة على الموصل الاعظم فتفرغ كهربائية

كثيرة من النور بسرعة عظيمة حتى انه اذا

قرب لب السببان الى الموصل الاعظم لم

يظهر كهربائية فيه . ثم قرب خذك من راس

الشريطة فتشعر ان مجرى من الهواء يجري منها

اوضع مصباحا في ذلك الجرى فيخرف لمبة . وذلك لان راس الشريطة يحمل

كهربائية دقائق الهواء فيجذبها كما يجذب الزجاج المكهرب لب السببان ثم

يدفعها عنه فجري في مجرى يدوم ما دام الراس مكهربا . وعلى ذلك صنع

الدولاب الكهربائي (الشكل ٢٥٥) وهو مؤلف من عدة اذرع مرآة توضع

على محور قائم على الموصل الاعظم . فتجذب رؤوسها تكهرب الهواء فيجذب

ثم تدفعه وتدفع برد النعل فتدور على مبدأ مطحنة باركر (عد ١٥٠)

كهربائية الجلد

(٤٣٤) اذا كان حك الحاك على قرص صغير من الزجاج

يهيج كهربائية هذا مقدارها فلا عجب ان يكون الهواء مكهربا على

الدوام الان نادرا لما يحدث في الطبيعة من حك الرياح بعضها

لبعض ولوجه الأرض وما عليه وحك الغيوم للهواء. وبعضها
 البعض وتأثير الحرارة في تحويل الماء الى بخار والبخار الى ماء
 وتأثير التغيرات الكيماوية بين تركيب وتحليل وحل كهربائية
 الأرض السلبية لكهربائية الهواء وما اشبه ذلك مما يبطل الموازنة
 بين نوعي الكهرباء. وتكون كهربائية الجلكة هذه ايجابية في الصحو
 وتغير سريعاً من الايجابية الى السلبية وبالعكس في النوء
 والاضطراب

قال لنتنون السامح الافريقي ان الرمح الحارة التي تهبط على الصحراء في
 جنوبي افريقية تكهرب تكهرباً شديداً حتى اذا هبت على ريش النعام برهة يسيرة
 كربت كما تكرب الآلة الكهربائية فيلصق باليد عند تقريبه اليها وينتفع لطيفاً
 (٤٣٥) البرق والرعد * لافرق بين البرق والشرارة
 التي تظاير من فتاحة الفينة الليدنية عند اطلاق الكهرباء منها
 الا بكونه اعظم منها مقداراً واشد قوة^(١)

(١) اول من اثبت ان البرق من جنس كهربائية الفرق العلامة فريكلن وذلك انه
 صنع طيارة من الحرير وغرز في اعلاها شريطة معدنية دقيقة الرأس وطورها بحيث من
 المصيص في المطر والبرق والرعد. وعلق مفتاحاً بطرف الخيط وربطه بحرقة من
 الحرير في عود من الخشب لفصله. فلما انزل الخيط قرب سلاحي اصبع من المتناج فطارت
 شرارة منه اليها. قبل انه فرح فرحاً عظيماً حتى لم يمالك نفسه عن البكاء. وجعل يملأ
 الفينة الليدنية ويجرب التجارب الكهربائية على ما تقدم حتى اكتشف ان ماهية البرق
 وكهربائية الفينة الليدنية واحدة. وكانت تجاربه هذه بمحفرة بالانطار فلما حل حله
 الاستاذ ريتشم بعد بضع سنين طارت البوكرة نار ورقاء من الغمام بقدر قبضة
 الانسان فقتله من ساعته

ويحدث البرق من تقارب غيمتين مختلفتين في الكهربائية حتى يصير ميل
كهربائية الواحدة للاقتربان بكهربائية الأخرى أشد من قوة الهواء على فصلهما
فتنجم كل على الأخرى بنور باهر وصوت شديد . فالنور هو البرق والصوت
هو الرعد * ويظهر البرق في السماء على اشكال شتى : نارة بعرض ميمًا وشمالًا
في نواحي السحاب رأسًا خطًا طويلاً متعرجًا كخط الشرارة التي تطير عن الموصل
الأعظم وسبب تعرجه ان الكهربائية المنفرغة من السحاب تضغط الهواء امامها
فيقاومها حينئذ عن السير فتطلب طريقًا آخر مقاومة هوائها اقل من مقاومة
ذلك . ونارة يكثر حروف السحاب او ينتشر على عرض فيقال له الصنفيحي .
وذلك لانه إما ان يكون بعيدًا فنراه من خلال السحاب واما ان يكون من
اضطراب الكهربائية على محابة غير جيدة للاتصال . ونارة يظهر منعكسًا عن
السماء من برق بعيد فيقال له الخلب او برق الحر . ونارة ينزل على شكل
كرات من النار تنفجر بعد سقوطها فتتفقع بشدة ويقال له الكروي
واما الرعد فيحدث من تصادم دقائق الهواء الذي تطرده كهربائية البرق
امامها واما دويته فيحدث من انعكاسه عن الغيوم البعيدة والجبال واللال
والادوية ونحوها

(٤٢٦) الصاعقة وقضيبها * قد تمتلئ السحب بكهربائية
والارض بأخرى ويفصل بينهما الهواء كما يفصل الزجاج في قنبنة
ليدن بين بطانة القصدبر وكسائه . فمضى فاربت السحب سطح
الارض تنقض الشرارة الكهربائية منها غالبًا فتتزل صاعقة تهلك
ما تصيبه من الحيوان والنبات

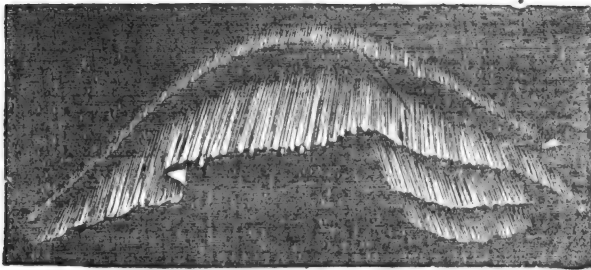
واما قضيب الصاعقة فعرف وقد اخترعه فرنكلن للوقاية من الصواعق
بناء على ان الكهربائية تطلب احسن الموصلات . ويجب ان يكون حجمه كافيًا

فان كان من حديد فلا يكون اقل من نصف عقدة وان كان من نحاس فلا
اقل من ثلث عقدة. وان يكون دقيق الراس تستقبله الكهرباء على غير لانها
تطلب الرووس كما مر (عد ٤٣٢) وان يكون متصلاً اتصالاً تاماً حتى تمر
الكهربائية عليه كانه جزء واحد لا اجزاء متعددة. وان يصنع راسه من معدن
لا يصدأ ولا يهتأ بسهولة ولذلك يغشى راسه بالذهب او يصنع من الفضة
الصلبة او اليلالين. وان يمتد طرفه في الارض الى حوض من الماء او الى ترربة
رطبة لا تجف لئلا تنصير فاصلة فتبقى الكهرباء عليه وتنقل منه الى الاجسام
الموصلة التي تقرب اليه فتحدث من الأذى به كما تحدث بدونه. وان يكون اعلى
كثيراً من الدار التي ينصب عليها لانه كلما علا زادت وقايته اتساعاً. ويجب
ان يكون على كل بناء قضيب للصاعقة او أكثر حسب اتساع ذلك البناء
وان توصل المداخن التي يخرج الدخان والبخار منها بارض رطبة او بقضيب
الصاعقة نفسه لان الكهرباء تطلبها على الخصوص لسبب ما يخرج منها. وان
تصل ميازيب الماء المعدنية وسطوح التوتيا ونحوها بارض رطبة او بالقضيب
لشدة تعرضها للصواعق. والغرض من قضيب الصاعقة رد موازنة الكهرباء
في السحاب والارض على طريق سائلة من الاخطار. وكلما زادت قضبان
الصواعق عدداً قل تفرغ الكهرباء فجأة وتدر انقراض الصواعق

واذا لم يكن للبيت قضيب فاسلم لصاحبه ان يكون في وسط الغرفة بعيداً
عن الموصلات من ان يكون قرب جدرانها وان يقعد او يضطجع من ان يكون
واقفاً. وان كان الانسان في الغلاء فليحذر الوقوف بلمس الاشجار العالية كما
يحذر الابتعاد عنها كثيراً. لان الكهرباء تفضل الاشجار على غيرها فان كان
الانسان بلمسها انتقلت منها اليه فقتله واما ان كان بعيداً عنها بعداً معتدلاً
فتفهم كما يفهم قضيب الصاعقة * ومهما يكن من فلك الصاعقة فان الباري دبر
لخلوقاته تدابير شتى للوقاية منها. فكل ورقة من اوراق العشب الدقيقة
الرأس تفرغ من كهربائية المجلد أكثر من ثلاثة اضعاف ما تفرغه اوراق الأبر

وكل خروب دقيق الراس بفرغ منها أكثر ما بفرغ راس احسن قضبان الصواعق . وكل نقطة من المطر وكل رقعة من الثلج تتل الى الارض محملة كهربائية نسلها من الجلد والسحاب . هلا وقد تظهر لمب نارية على رؤوس السواري واسنة الرماح وأذان الخيل ونحوها وما هي الا كهربائية تفلت من الارض افلاتا لطيفا مادنا

(٤٢٧) الشفق القطبي * الشفق القطبي ضوء يظهر في جلد القطبين ولا سيما الشمالي منها ويتبدى ظهوره عند آخر النهار خفيا في الافق في جهة الهاجرة المغنطيسية (عد ٤١٠) ثم يتغير تدريجا حتى يصير قوسا مصفرا الضوء مقعرها نحو الارض وهذه اذا تكاملت تنتصب فوق بقعة سمراء من السماء على زاوية قائمة على الهاجرة المغنطيسية وتطلع منها شعاع نيرة تنج نحو السمات المغنطيسي وقد نشنى كما ترى (الشكل ٢٥٦) ويتغير لونها من الاصفر الى الاخضر الحاني ومنه الى ابيض الارجواني



الشكل ٢٥٦

اما تعاليل الشفق القطبي فكثيرة والمرجح انه يحدث من جرى الكهرباء

في اعالي الجو حيث الهواء لطيف . ويؤيد ذلك ما بين الشفق القطبي
والمغناطيسية من العلاقة . فانه اذا ظهر الشفق باقي الضياء اضطربت الابر
المغناطيسية واهتزت باهتزاز اشعتو ذهاباً واياباً وتأثرت اسلاك التلغراف ايضاً
كأن الكهربية جارية عليها من بطارية وقد يتعاطف تأثيرها بالشفق القطبي في
البلاد الشمالية حتى يتعذر استعمالها * والمظنون ان كهربية المجلد الايجابية
تقرب الى كهربية الارض السلبية عند القطبين فتتفرغان تفرغاً لطيفاً يظهر
منه الشفق القطبي . واما النواحي الاستوائية فلشدة كهريتها تنفرغ عليها
الصواعق بدلاً من الشفق * ويظهر ما يشبه الشفق القطبي بتفريغ الهواء من
انبوبة وادخال الشرار الكهربائي من الموصل الاعظم اليها فينير متلوناً بالوان
الشفق القطبي حسب فراغ الانبوبة

(٤٢٨) انايب كيسلر وشلال كسيوت * اما انايب كيسلر فهي انايب
تملاً غازات متلطفة وتسد بصهر فوهتها ثم يجري فيها مجرى كهريائي فيضيء فيها
بلون باه وضوء باهر . واما شلال كسيوت فكوبة من الزجاج مطبنة من
داخلها بورق القصدير . توضع على صفيحة مفرغة الهواء تحت قابلة في اعلامها
فضيب يصعد وينزل . ثم يفرغ الهواء من القابلة وينزل الفضيب حتى يس
الكوبة ويوقى بالة كهربية ذات موصلين فيوصل احدهما بالفضيب والآخر
بصفيحة المفرغة فيجري الكهربية على جوانب الكوبة بنموجات خفيفة ولون
ازرق لطيف

(٤٢٩) سرعة الكهربية * قدروا مدة وميض البرقة جزء من الف الف
جزء من الثانية . وما يقرب لنا ادراك ذلك انه اذا دار دولاب حتى لم نعد
نرى سواده في النهار من السرعة واضاعت عليه شرارة من القنبلة الليدنية
رأبنا سواده جلياً . واذا ابرق البرق على شجر تلوحه العواصف ظهر الشجر
ساكناً لانه لا يتحرك حركة يشعر بها في اثناء ظهور البرق وخفائه . واذا ابرق
على قبلة مدفع متطلعة في الجوّ ظهرت كأنها مركوزة فيه غير متحركة للسبب

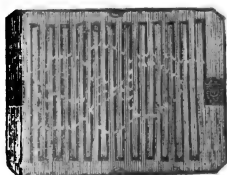
المتقدم ذكره . وقد قدّر هويتسون سرعة الكهرباء على شريط من النحاس
٢٨٨٠٠٠ ميل في الثانية

(٤٤٠) تأثير كهربائية الاحنكاك * تأثير كهربائية الاحنكاك

في الاجسام على ثلاثة انواع طبيعي وكيمي وفسيولوجي

(٤٤١) التأثير الطبيعي * هذا اما ان يكون بانارة الاجسام فيجعلها تضيء

او باحماها او بمنطتها او بتكسرها وتزيتها وما شاكل . ولذلك اما ان يكون
نورا او حرارة او مغناطيسية او عملاً ميكانيكياً كما يتضح من الامثلة الآتية : لينف
شخص على كرسي منصل حتى يتلى كهربائية من الموصل الاعظم فيتكرب
شعره ويتلافع فينف متصباً . ثم اذا قرب يده الى ملعقة فيها من الاثير طارت
منها شرارة فتشعل الاثير واذا كان في يده قطعة من الجليد طارت الشرارة
حالا منها الى الاثير واشعلته * واذا ألصقت قطع من ورق القصدير بوجه



الشكل ٢٥٧

لوح من الزجاج على اشكال مختلفة وصور متعددة
وقرب اللوح من الموصل الاعظم تنفث الشرارة
الكهربائية من قطعة الى اخرى من ورق القصدير
فتسبح الناظرين (الشكل ٢٥٧) . واذا كسبت
التيبنية الليدنية وبطنت ببرادة معدنية او برقع

من ورق القصدير ولوي قضيب فتاحتها حتى تمس التفاحة الكساء الخارجي
ثم نقلت اليها الكهرباء من الموصل الاعظم انتقلت الشرارة على كساءها الخارجي
انتقالاً سريعاً بعداً

هذا مما يدل على ان الكهرباء تؤثر نوراً في الاجسام وما يدل على انها
تؤثر فيها حرارة انه اذا فرغت بطارية ليدنية (عد ٤٢١) قوية على شريطة
معدنية ادق من ان توصل شرارتها فتحوّل حرارة وربما صهرت الشريطة ان
حوّلها بخاراً . واما اذا زادت الشريطة ثخناً عن تلك فتحمى حتى تحمر واذا

زادت ثخناً عن هذه نحى فقط ولا تحمر

وما يدل على ان الكهربية تؤثر المغنطيسية في الاجسام انه اذا لئت شريطة من النحاس حول قضيب من الفولاذ ووصل طرفها الواحد بكساء القنبية الليدنية وطرفها الآخر ببطانتها فعندما تمر الشرارة الكهربية فيها يتمغنط قضيب الفولاذ فيجذب برادة الحديد كالغناطيس . او اذا وضعت ابرة من الفولاذ في انبوبة صغيرة من الزجاج ولئت شريط النحاس على الانبوبة فعند مرور الشرارة الكهربية في الشريط يتمغنط البرة فيجذب برادة الحديد وما يدل على ان الكهربية تفعل بالاجسام فعلاً ميكانيكياً كاللغز والكسر وما اشبه انه اذا وضعت ورقة او كرتونة بين فتاحة القنبية الليدنية وبين احد راسي المطلق فعند اطلاق الكهربية منها تنفذ شرارها الورقة فتشقيها . وبمثل هذا التدبير تشقق الشرارة الخشب وتكسر الزجاج وتفتت الحصى

ولما كانت القوة الكهربية قابلة التحول الى امواج نور وامواج حرارة كما تقدم فلا يبعد انها ضرب من الحركة كما انها ضربان من الحركة . ولما كانت الصاعقة كهربية في كل اوصافها فهي تؤثر في الاجسام كل ما مر وما سيأتي من التأثيرات ولكن بقوة اشد واعظم

(٤٤٢) التأثير الكهبي * تأثير الكهربية الكهبي هو حلها بالاجسام الى العناصر التي تركبت تلك الاجسام منها او تركيبها العناصر لتصل بالاجسام منها . فاذا مزج عنصران معاً كالمهروجين والاكسيجين وأطلقت شرارة كهربية فيها اتحلا معاً بفرقة عظيمة فيحدث الماء من اتحادهما . واذا اصاب الصاعقة مكاناً او انتقلت كهربية الموصل من راس الى راس وافتلت الى الهواء فاحت منها رائحة كبريتية تحدث من تولد الاوزون وهو على ما يظن نوع من الاكسيجين

(٤٤٣) التأثير النسبولوجي * تأثير الكهربية النسبولوجي هو تأثيرها في الاجسام الحية او التي ماتت منذ عهد قريب . اما تأثيرها في الاجسام الحية فهو

قبض العضلات وشي* كالتحدر في المنصل. وكلما قويت امتد تأثيرها على الجسم واشتد ألمها حتى ربما قتلت من تؤثر فيه. ويتصل تأثيرها الى جماعة من الناس معاً اذا تماسكوا بالابادي فتنتقل من الواحد الى الآخر. كلما مزجها نولاه فرقة من المسكر عددها ١٥٠٠ عسكري* واما تأثيرها في الاجسام الميتة فانها تشيخ عضلاتها تشيخاً عظيماً حتي تظهر كأنها تتحرك حية



الفصل الثالث

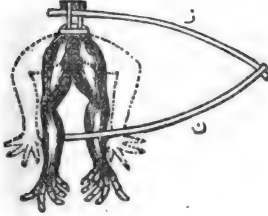
في الكهر بائية الكلفائية

(٤٤٤) الكهر بائية الكلفائية او الثنائيتة تحصل بالفعل الكيمي* كما تحصل كهر بائية الاحنكاك بالاحنكاك. وتنسب الى كلفاني او قلنا فيلسوفين ايطاليين لانها اول من اكتشفها كما ستري (٤٤٥) اكتشف كلفاني* كان العلامة كلفاني استاذ الشرح في مدرسة بولونيا بايطاليا يجرب تجارب في ارجل الضفادع ليعرف تأثير كهر بائية الهواء في الحيوانات سنة ١٧٨٦ فاتفق انه علق عدداً منها بصنابير من النحاس في

(١) اذا امكن الطالب نظره في ما قبل في تعريف الفلسفة الطبيعية في مقدمة هذا الكتاب علم ان الكهر بائية الكلفائية تربط الفلسفة الطبيعية بالكيمياء لان مسيها كيمي وتنتجها كباوة وفلسفية

درايزون ممتي يته فرأما تشنج كأنها حية اذا حركتها الرمح فست حديد
الدرايزون. فكرر التجارب وذهب الى ان تشنجها يحدث من كهربائية حيوانية
فيها وان هذه الكهربائية تختلف عن كهربائية الاحتكاك وزعم انها العامل الذي
تحكم به الارادة على الاعضاء

وتكرر تجربة كلثاني كما باقي . تُنقطع الضفدع من فقراتها القطنية فوق



الشكل ٢٥٨

فخذها بنحو قهراط وتكشف اعصابها القطنية
التي هناك ثم يكشط جلدها عن ساقها وبوتق
بشرطتين احدهما من النحاس ن (الشكل
٢٥٨) والاخرى من التوتياز فيوضع طرف
احدهما على الاعصاب وطرف الاخرى على
عضلات الساق وبوصل الطرفان الآخران

احدهما بالآخر فتتشنج الساقان تشنجا شديدا وتحركان كأن الضفدع حية

(٤٤٦) اكشاف قلنا * ثم ان قلنا انكر الكهربائية الحيوانية التي زعم

كلثاني انه اكشفها ولم يزل يبحث عنها ٢٧ سنة متوالية حتى وجد ان الضفدع
ليست مصدر الكهرباء وانما هي موصل رطب وليست اصلح للاتصال من
خرقة مبللة . وعلى ذلك اخترع ما يُسمى رصيف قلنا (الشكل ٢٥٩) وهو



الشكل ٢٥٩

صفائح من النحاس ن والتوتيا ت مرصوف بعضها فوق
بعض بحيث تلي صفيحة من التوتيا صفيحة من النحاس حتى
يصير طول الرصيف قدما ويُفصل بين كل صفيحتين
منها بقطعة من الجوخ ج مبللة بماء صاو بماء ملح . ثم
اذا بل الانسان يده ولس باصبع يده الواحدة الصفيحة
السفلى من الرصيف وباصبع يده الاخرى الصفيحة الاخرى

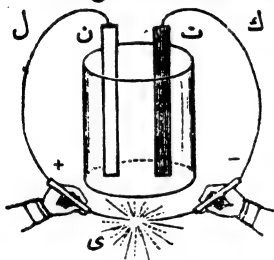
شعر بهزة كهزة القينة الليدنية

وعلى هذا المبدأ تنهيج الكهربائية اذا وُضعت قطعة من الفضة بين الاسنان

واللغة العليا وقطعة من التوتيا تحت اللسان فجالما تمس الفضة التوتيا يشعر الانسان بطعم خصوصي وبرى شرارة تتر من امام عينيه عند انغماسها . هلا وكان قلنا يزعم ان الكهربية تحصل من تماس معدنين مختلفين . ثم بطل زعمه وصار المعول الآن على ان الكهربية تحصل من فعل كيمي بين المعدنين كما سترى .

(٤٤٧) الدائرة الكلفانية البسيطة * الدائرة الكلفانية تتألف من معدنين مهيجين للكهربائية موضوعين بحيث تجري الكهرباء الايجابية والسلبية منها في جهتين متقابلتين

وليبيان ذلك : ضع صفيحة رقيقة من التوتيا في كاس من الزجاج ملاءة ماء حمضاً جيداً بالحمض الكبريتيك (زيت الزاج) فيبتدى الفعل الكيحي حالاً فبولد ففناقع صغيرة من غاز الهيدروجين نتج على صفيحة التوتيا وتذوب الصفيحة بسرعة . ثم ارفع الصفيحة من الكاس واغمسها في الزيت فيصير سطحها لامعاً كالمرآة ويقال انها تملغت .



الشكل ٢٦٠

وأعدما بعد ذلك الى الكاس فلا يذوب شيء منها في ماء الحمض وما ذلك الا لانها قد تغيرت طبعاً لسبب غير معروف . غير انه وان كان سبب تغيرها في تلفها غير معروف فهي لا تستعمل في البطاريات الكلفانية الاملاعة جيداً اما كيفية استعمالها في البطاريات فهي ان تقسم مع صفيحة اخرى مثلها من النحاس في الماء الحمض . فما دامتا منفصلتين لا يظهر لاحتامهما تاثير في الاخرى ولكنها حالما نتامسان او نتصلان باسلاك معدنية كما ترى في الشكل ٢٦٠ يبتدى الفعل الكيحي فتتولد ففناقع الهيدروجين المار ذكرها ونتج على النحاس ن لا على التوتيا كما مر . ويبقى النحاس على حاله واما التوتيا فتذوب كما

كانت تذوب قبل تلغها . ولا يزال هذا الفعل الكهني جارياً حتى يفصل
 احد السلكين عن الآخر فينقطع وتظهر شرارة صغيرة في الظلام
 فهذا الفعل الكهني تنهيج الكهربائية والمظنون ان الايجابية تجري من
 التوتيا في الماء المحمض الى النحاس ثم تجري على النحاس وعلى السلك المتصل
 به حتى تبلغ طرفه فيقال لهذا الطرف القطب الايجابي . والسلبية تجري من
 النحاس في الماء المحمض الى التوتيا وتجري من التوتيا على السلك المتصل به ثم
 حتى تبلغ طرفه فيقال لهذا الطرف القطب السلي . ولذلك يكون قطب النحاس
 ايجابياً ولو كانت الكهربائية الجارية من النحاس في الماء المحمض سلبية ويكون
 قطب التوتيا سلبياً ولو كانت الكهربائية الجارية من التوتيا في الماء المحمض
 ايجابية . فكهربائية كل قطب تخالف كهربائية المعدن المتصل به وتلغفي
 الكهربائيتان عندى . وكثيراً ما يلبس القطبان بلاتيناً لينهما من السوائل
 التي يغمران فيها فلا تأكلها ولا تذيبها . ويقال لاتصال القطبين وصل الدائرة
 وفصلها فصل الدائرة . ويقال لكل صفيحتين من المعدن متصلتين على ما تقدم
 في الدائرة الكلفانية زوجاً ثنائياً وبشرط فيها ان تكون كهربائية احدهما
 ايجابية وكهربائية الأخرى سلبية وان نغمر في سائل يؤثر في واحدة منها فقط
 ولا يؤثر في الأخرى او يؤثر في الواحدة أكثر مما يؤثر في الأخرى والأ فلا
 تنهيج الكهربائية فيها . لانه بتأثير السائل في الواحدة تنفد الموازنة بين نوعي
 كهربائيتها فينفلت احدها جارياً الى الصفيحة الأخرى . ولذلك اذا تأثرت
 كل منهما بالسواء افنت الكهربائية التي تنفلت من الواحدة الكهربائية التي تنفلت
 من الأخرى فلا تجري في مجرى . ويقال للصفيحة التي تذوب في الحامض تنفلت
 كهربائيتها الصفيحة الايجابية وللأخرى السلبية

(٤٤٨) تحليل التغير الكمي * يعلل التغير الكمي الذبي بطراً على
 الزوج الثنائي تعليلاً بسيطاً هكذا : كل دقيقة من الماء المحمض مركبة من
 جوهر من الاكسجين وجوهرين من الهيدروجين . قالوا اكسجين يبعد بالتوتيا

ويكون أكسيد التوتيا . وهذا الأكسيد يتحد بالحامض الكبريتيك المحمض بـ
الماء فيتكون من اتحادهما كبريتات التوتيا التي تذوب في الماء . واما الهيدروجين
فيبقى مستقلاً بنفسه فيصعد الى سطح السائل ويقلت من هناك
اما سبب افلات الهيدروجين من النحاس فيتضع انضاحاً بسيطاً مما يأتي :
لنفرض ان دقائق الماء تمتد مصفوفة من صفائح التوتيا الى صفائح النحاس (الشكل



الشكل ٣٦١

٣٦١) فلا يخفى ان كل دقيقة منها مؤلفة من جرهرين
من الهيدروجين وجوهر من الأكسجين^(١) فالتوتيا
كهربية ايجابية والأكسجين كهربية سلبية ولذلك
تجذب التوتيا الأكسجين اليها وتدفع الهيدروجين لان
كهربية ايجابية . فيندفع جوهر الهيدروجين الى

دقيقة الماء التي تليو ويطرد هيدروجينا ويتحد بأكسجينها . ثم ان الهيدروجين
المطرود ينتفض على دقيقة الماء التي تليو فيطرد هيدروجينا ويتحد بأكسجينها
وكذلك يتحد هذا الهيدروجين المطرود بأكسجين الدقيقة الموالية له وها هو جراً
حتى يبقى هيدروجين الدقيقة الاخيرة بلا أكسجين يتحد به فيجذب النحاس السليبي
الكهربية فيعطيه الهيدروجين كهربية ايجابية ويطير الى الهواء . فكما
طار جوهر من الهيدروجين يتناول النحاس كهربية ويبرد الجري الكهربائي قوة
(٤٤٩) الجري الثلثاني * ان لنظرة "مجري" كثيرة الورد في المباحث
الكهربية ولا نستعمل حقيقة بل مجازاً لان المراد بها ليس المجري المهود كجري
الماء في النهر الذي فيه تنقل كل دقيقة من منشأ النهر الى مصبه بل انتقال
القوة الكهربية فقط على دقائق الجسم . وبين ذلك الجري وهذا الانتقال
فرق ظاهر فانا اذا ملأنا انبوبة طويلة ماء ثم ادخلنا نقطة أخرى من الماء
اليها فعند حلولها فيها تخرج نقطة بقدرها من طرف الانبوبة الآخر وذلك

(١) لم يرسم الأجور واحد لكن منها في الشكل لزيادة التسهيل

ليس لانها هي عنها تدخل من طرف الانبوبة الواحد وتخرج من طرفها الآخر بل لان القوة انتقلت منها على كل دقائق الماء حتى أخرجت النقطة الأخيرة . هكذا جري القوة الكهربائية

هنا وقد تقدم ان الكهرباء الايجابية تجري في كل زوج فلنأتي من التوتيا في السائل الى الفحاس ومن الفحاس على السلك ثم اذا اتصلت الدائرة ترجع الكهرباء الى التوتيا واذا انفصلت الدائرة تظهر عند قطب الفحاس . وكذلك السلبية تجري من الفحاس وترجع اليه في اتصال الدائرة وتظهر عند قطب التوتيا في انفصال الدائرة . ولذلك يكون في كل دائرة كلفانية مجريان كهربائيان ايجابي وسليبي . ولدفع الالتباس تطلق لفظة الجري على الايجابي فقط فكما وُردت كان المراد بها الكهرباء الايجابية . واما السلبية فيسكت عنها

واعلم انه عند ما يتقل الجري على الاجسام الموصلة كالاسلاك والنضبان المعدنية فمما كان مصدره كهربائية الاحتكاك او الكهرباء الكلفانية يتقل على كل دقيقة من دقائق الموصل لا على ظاهره فقط . وذلك ان كل دقيقة تستقطب وتنتج كهربائية ثم تفرغ كهربائيتها الى الدقيقة التي تليها وهكذا حتى يجري الجري على طول الموصل باستقطاب دقائقه وتفرغها للكهربائية . ولما كانت سرعة الجري عظيمة جدا كانت سرعة استقطاب دقائق الموصلات وتفرغها للكهربائية مما يكاد لا يدرك

(٤٥٠) البطارية * البطارية ازواج فلنائية مجموعة على

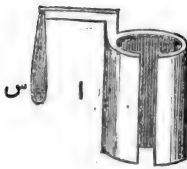
شكل انها تزيد الجري الكهربائي قوة ودواما . وهي على اشكال شتى بعضها في ما ياتي

(٤٥١) بطارية سبي * هذه مؤلفة من عدة كؤوس من الزجاج فيها حامض

كبريتيك مخفف فيغرس في كل منها صفيحتان من التوتيا بينها صفيحة من النضة والصنائح الثلاث مضمومة ومشدودة معا بلوالب . الا ان فقايع غاز

الميدروجين الذي يتولد في أثناء الفعل الكهربي نجتمع على وجه صفيحة الفضة
الاملس فتعيق المجرى الكهربائي وتضعفه ولذلك نخشن صفيحة الفضة ببلاتين
منقسم اقساماً دقيقة

واعلم ان كل ما يستعمل فيه سائل واحد من البطاريات يضعف نهج
الكهربية فيه من تجمع الميدروجين على المعدن الذي يوضع مع التوتيا. ولذلك
قللوا استعمال هذه البطاريات وجعلوا غالب استعمالهم لبطاريات ذات سائلين



النكر ٢٦٢

(٤٥٢) بطارية كروف وفعلها الكهربي * هذه

البطارية من ذات السائلين وهي مؤلفة من قنبنة من
الزجاج فيها حامض كبريتيك مخفف. واسطوانة
توتيا (الشكل ٢٦٢) موضوعة في الحامض

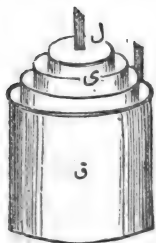
الكبريتيك ولما شق على جانبها ليدخل الحامض منه اليها. وكاس فخار ذي مسام
د مملوءة حامضاً نتركها وموضوعة في اسطوانة التوتيا. وورقة رقيقة
من البلاتين مغوسة في الحامض النترك الذي في كاس الفخار
اما الفعل الكهربي الذي يحدث في بطارية كروف فهو هذا:



يفعل ماء الحامض الكبريتيك الذي في القنبنة الخارجية الى عنصره الاكسجين
والميدروجين. اما الاكسجين فيمتد بالتوتيا والحامض الكبريتيك ويكون معها
كبريتات التوتيا واما الميدروجين فلا يفلت كما يفلت من بطارية سي بل
ينفذ الى باطن كاس الفخار ويتحد بالحامض النترك الذي فيه فيكون ماء
واكسيد النترك. فيمتص الماء اكسيد النترك اولاً ثم يأخذ هذا الاكسيد
يفلت من الماء دخاناً اكاراً احمر كالدّم. واذا كانت التوتيا مملوءة جيداً فما دام
القطبان منفصلين لم يحدث فعل كهربي بل كمنت الكهربية في البطارية كما
يكن الاسد في عريسه حتى يتصل القطبان فيأخذ السائل في الجيشان وتأخذ
القوة الكهربية في الوثوب من قطب الى آخر

(٤٥٣) مزايا بطارية كروف * من مزايا بطارية كروف أولاً ان الهيدروجين لا يجمع على الصفيحة السلبية (البلاتين) لان الحامض التريك يتصل . وثانياً ان السائل الذي يتكون في كاس الفخار الداخلية موصل جيد للكهربائية . وثالثاً ان البلاتين اصح للسلبية من النحاس لان الحامض لا يؤثر فيه قدر ما يؤثر في النحاس فلا يجري منه مجرى كهربائي يضاد المجرى التجاري من التوتيا ولذلك يكون البلاتين والتوتيا زوجاً ثلثانياً اصح من زوج النحاس والتوتيا لتسهل الكهرباء . ورابعاً ان انحلال الحامض التريك الذي في كاس الفخار بالهيدروجين كما تقدم يهيج ، فداراً وافراً من الكهرباء علاوة على ما يهيجه الزوج الثلثاني

(٤٥٤) بطارية بنسن * بطارية بنسن كبطارية سي وانما تختلف عنها بان فيها قضيباً من الفم المضرب بدلاً من ورقة البلاتين في كاس الفخار . ولما كان هذا الفم موصلاً جيداً للكهربائية كان يقوم مقام البلاتين في كهربائية كروف حال كونه اخص منه كثيراً . ترى صورة هذه البطارية (الشكل ٢٦٣) ق وعاء الزجاج فيه اسطوانة التوتيا وى كاس الفخار ذات المسام فيها قضيب الفم مغروس في الحامض التريك



الشكل ٢٦٣

(٤٥٥) بطارية دانيال الدائمة * هذه مؤلفة من اسطوانة من النحاس في جوفها مذوّب كبريتات النحاس (الشب الازرق) وكاس فخار ذات مسام فيها حامض كبريتك مخفف وقضيب من التوتيا

(٤٥٦) كمية الكهرباء وشديتها * قد تكون كمية الكهرباء في البطارية عظيمة وشديتها قليلة وقد تكون شديتها عظيمة وكميتها قليلة . والفرق بين الكمية والشدة ان الكمية ينظر فيها الى المقدار واما الشدة فالى الفعل . مثالة ان كاس الماء العالي اشد حرارة من دست الماء الفاتر ولكن كمية الحرارة التي في الدست اعظم من كمية الحرارة التي في الكأس * اما شدة كهربائية البطارية

فتوقف على عدد الكؤوس المستعملة فيها وأما كمية فعلها فكم تلك الكؤوس
 فإذا اردنا ان نزيد كهربية البطارية شدة وصلنا صفحة التوتيا التي في
 الكأس الواحدة بصفحة النحاس التي في الكأس الأخرى ولم جراً. وإذا اردنا
 ان نزيدها كمية وصلنا صفائح التوتيا في كل الكؤوس معاً وصفائح النحاس معاً.
 ونفضل الكهربية الشديدة على العظيمة الكمية اذا اقتضى ان تجري على جسم
 يقاوم جريها ويفلت جانباً منها. والاجسام التي تقاوم جري الكهربية هي التي
 لا توصلها جيداً. فكلما زاد الجسم جودة في الاتصال قلت مقاومته للكهربائية
 كالفضة والنحاس والذهب. وكلما قل جودة في الاتصال زادت مقاومته لما
 كالزئبق والرصاص والحديد والبلاتين والساثلات

(٤٥٧) مقابلة كهربية الاحتكاك بالكهربائية الكلفانية *
 كهربية الاحتكاك تنهيج من احتكاك الاجسام والكهربائية
 الكلفانية من الفعل الكبي وهما واحد في الماهية ولكنها يختلفان
 في بعض الامور كما سنرى

فكهربية الاحتكاك صحابة فجائية متقطعة والكهربائية الكلفانية ساكنة قوية
 مستمرة. كهربية الاحتكاك كاللطف السريعة العنيفة والكلفانية كالضغط المستمر
 اللبائم على حال واحدة. كهربية الاحتكاك تمتاز بالشدة والكلفانية بالكمية.
 كهربية الاحتكاك كالبرق تنفزع من جهة الى اخرى ولو توسط الهواء بينها
 مسافة اميال كثيرة والكلفانية تدور حول الارض على الموصل ولا تنفزع فتجاوز
 نصف قيراط من الهواء. اقوى آلات كهربية الاحتكاك لا يكفي لنقل رسالة
 واحدة برقية والكلفانية تنقل رسائل من جانب الى جانب من الاوقيانوس
 منهية في بطاريات صغيرة لا تزيد عن رقعة من التوتيا ومعة من الماء في كبسولة
 البارودة. كهربية الاحتكاك لا تحمل قفحة من الماء ولو اطلقت فيها القنبنة

اللبدنية سنة آلاف الف طلفة (وذلك بملا غيمة راعدة مساحتها خمسة وثلاثون
فداناً) و يضع كؤوس من الكلفائية تحل ذلك الماء على غاية من السهولة . هذا
وقد غمس فارادي زوجاً فلنائياً من البلاتين والتوتيا في مذوب نقطة من
زيت الزاج في ٢٢ درهما من الماء فهيج في ثلاث ثوان كهر بائية حرفت ابرة
الكلفانومتر الذي سيذكر (عد ٦٧) بقدر ما تحرفها كهر بائية ثلاثين دورة
من دورات الفرص في آلة قوية . ولو جمعت كهر بائية الثلاثين دورة هذه في
جزء من مليون جزء من الثانية (وهي مدة الشرارة الكهر بائية) لفنتل المر من
شدتها ومع ذلك فيقتضي ثمان مئة الف طلفة من هذه الطلقات حل قفحة من
الماء فقط

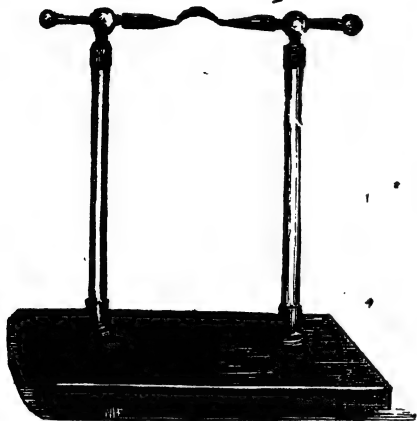
(٤٥٨) تاثير الكهر بائية الكلفائية * تاثيرها اما طبيعي او

كيمي او فيسولوجي كما سيتضح بالتفصيل

(٤٥٩) تاثيرها الطبيعي * تاثيرها الطبيعي اولا الحرارة . فاذا مر مجرى
من الكهر بائية على شريطة ادى من ان توصلة تحوّل عليها الى حرارة . وكلما
قلت قوة الشريطة على الايصال^(١) فزادت مقاومتها لاسرع تحوّل الكهر بائية
عليها الى حرارة . وعليه اذا وصل شريط دقيق من النولاذ طولة عدة قراريط
بعشر كؤوس او باثني عشرة كاساً من كؤوس كروف تشتد حرارة الكهر بائية
عليه حتى تصهره او تطهره دخاناً . واذا وصل شريط دقيق من البلاتين ببطارية
قوية حي جداً واضاء * وعلى ذلك يشعل اللغم والتوريد فانهم يدون شريطين
من النحاس من البطارية على البارود او نحوهم في اللغم ويفصلون بين قطبيها
بشريطة صغيرة من النولاذ فتعطي الشريطة عند وصل الدائرة من تحوّل
الكهر بائية عليها الى حرارة حتى تشعل البارود او ما ينوب منابه

(١) قد عرف بالتجربة ان الموصل المادي تزيد مقاومته للكهر بائية بقدر ما يزيد
طوله ويزيل ثخنه

(٤٦٠) وثانها النور * فاذا فُصِلت الدائرة الكلفانية او وُصِلت حصل من ذلك شرارة كهربية يتوقّف حجمها على شدة الجري الكهربي . واذا استعملت بطارية متعددة الكؤوس وثبت احد قطبيها ببرد وحك قطبها الآخر عليه



الشكل ٢٦٤

حصل نور باهي الالوان . واذا كانت البطارية قوية وجعل لما قطبان من الفحم او من كربون الغاز ثم فُصِلا قليلاً انتصبت بينهما قوس باهرة الضياء (الشكل ٢٦٤) وذلك ان النور ينبثق من القطب الالمني كالمسك ويتد الى القطب السلي متفلاً حوله

فيلمس تارة جانب الواحد واخرى جانب الآخر . وتكون حرارته شديدة جداً حتى انه اذا وُضع البلاطين فيه ذاب كما تذوب الشمعة من حرّ اللهب . واذا وُضع غيره من المعادن احترق واضاء بلونه المميز له . واذا وُضع الكلس والحجار الصماء ونحوها صهرت وسالت كالماء . وليست حرارته هذه حاصلة من اشتعال الفحم بانحاده بالكسبين الهواء لانها تبقى كما هي ولو فُزِعَ الهواء من حوله . ولما كان النور الكهربي يفوق سائر الاضواء التي يستعملها البشر لمعاناً كان تعميم استعماله عوضاً عنها من اعظم المنافع . وقد حاول اديسن الاميركاني تعميم استعماله منذ سنة ١٨٧٨ ولم يستنب له ذلك تماماً الى الآن * فلما وما يستحق ذكره ان اصل النور الكهربي هو في البطارية حيث تحترق التوتيا بانحادهما بالكسبين ولكن لا يظهر نور ولا حرارة من قوة احتراقها حتى تنتقل تلك القوة الى القطبين فتظهر نوراً كهربائياً وحرارة . وذلك بمثابة نقل ضوء النار وحرارتها الى حيث يراد مع بقاءها في المكان الذي اُضرمت فيه

(٤٦١) تأثيرها الكيبي * أولاً . حل الماء . اذا كان قطبا البطارية من البلاتين ووضعنا منفصلين قليلاً في كأس من الماء اغل الماء وطنت فقاع صغيرة على وجهه . واذا كان قطبا البطارية من النحاس ووضعنا في الكأس صعدت الفقاع من عند القطب السلي فقط ولم تصعد من عند الايجائي . وعند جمع الغازات من هذه الفقاع يوجد انها اكسجين وهيدروجين وان جرم الميدروجين مضاعف جرم الاكسجين

ولبيان ما تقدم ضع الماء محمضاً بنليل من حامض الكبريتيك في وعاء من الزجاج موضوع على قاعدة من الخشب كما ترى في الشكل ٢٦٥ وأدخل



في قعره قطبي البلاتين وصلها بواسطة شريط من النحاس باللولين د وب . واقلب فوق كلٍ منها انبوبة من الزجاج مملوءة من الماء فيخل الماء عند تهيئ الكهربية وتجمع فقاع الاكسجين في الانبوبة ا وفقاع الهيدروجين في الانبوبة هـ ويذهبون في تحليل ذلك كما ذهبوا في تحليل النغير الكيماوي (٤٤٨) ومن الغريب انه كلما احترق جوهر من التوتيا في البطارية يتخرج من الكهربية ما يكفي لحل جوهر اكسجين من الماء عند القطب الايجائي . وذلك يدل على وجود علاقة شديدة بين الالة الكيماوية والكهربية وربما دل على ان الواحدة هي عين الأخرى

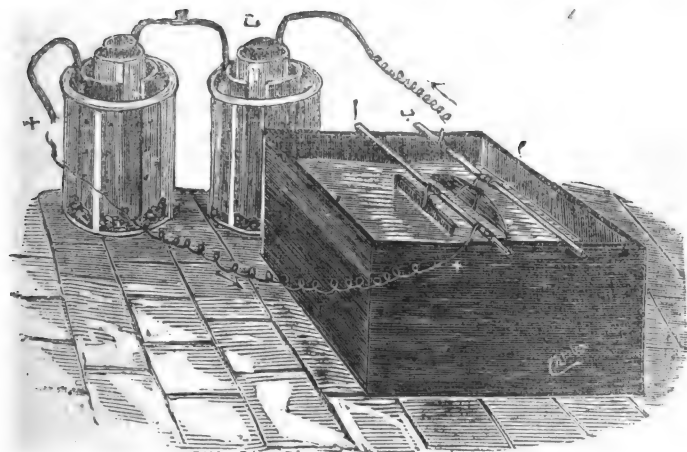
(٤٦٢) ثانياً حل الاجسام المركبة. والاجسام الايجابية الكهر بائية والسلبية الكهر بائية * اول جسم انحل بالكهر بائية على ما تقدم هو الماء وذلك سنة ١٨٠٠ ثم انحلت اجسام متعددة كذلك وثبت انها مركبة من عنصرين او اكثر بعد ما كانت تعد عناصر بسيطة. وما يعتبر في هذا الحل ان بعض العناصر كالهيدروجين واكثر المعادن يذهب الى القطب الايجابي فيحسب سلبى الكهر بائية (لان الكهر بائية الايجابية تجذب السلبية) وبعضها كالأكسجين والكلور والكبريت يذهب الى القطب السلبى فيحسب ايجابى الكهر بائية لما هو واضح

(٤٦٣) ثالثاً الافراغ بالكهر بائية * هذا يسمى عند الافراغ الأكثر وتنب ويراد به الطريقة التي بها ترسب المعادن من مذوباتها بواسطة الكهر بائية لنقل صورة بارزة او محفورة على الخشب او لعل حروف المطابع وما شاكل . ولا يخفى ان نقل الصور كنقل صورة تمثال مثلاً يتم في المعتاد بعمل قوالب مجوفة كذلك الصورة وصهر الحديد ونحوه على النار وافراغه مصوراً في تلك القوالب فيخرج بعد جموده كالتمثال المنقول . واما في الافراغ بالكهر بائية فلا يلزم الا القالب ثم تفرغ الكهر بائية المعدن فيه بلا نار ولا صهر

اما القالب فيصح ان يكون شمعاً او كونابرخا او غيرها ويفضل الكونابرخا على غيره ولا سيما اذا كان المراد نقله صغيراً . والكونابرخا صلب فينتفع في الماء السخن ليلين ثم يوضع على الصورة المراد نقلها ويضغط عليها فان كانت الصورة من معدن كالنحاس مثلاً تنطبع عليه فينقل عنها بسهولة بعد ما يبرد . وان كانت الصورة من الجبس لا ينفصل عنها الا بصعوبة وربما تمزق قبل فصله ولذلك تدهن بفرشاة بالرصاص الاسود قبل الطبع عليها فيسهل اقتلاع الكونابرخا عنها

وبعد الفراغ من القالب على ما تقدم تفرغ الكهر بائية المعدن فيه على ما ياتي :
 لنفرض انا اردنا افراغ النحاس فيه فنملأ حوضاً مثل المحوض م (الشكل ٢٦٦)
 من مذوب كبريتات النحاس ونمد عليه قضيبين من النحاس ا و ب من جانب

الى جانب ونصل احدهما بالتطب السلمي والآخر بالتطب الاليجاي من بطارية
كروف او بطارية دانيال (هذه تفضل لدوامها). ونعلقى القالب بالنضيب ب
ونعلق سيكة من النحاس بالنضيب افتتم الدائرة وتحل الكهربية كبريتات
النحاس الى حامض كبريتيك ونحاس. اما النحاس فيرسب عند التطب السلمي
على القالب واما الحامض الكبريتيك فيذهب الى التطب الاليجاي حيث
سيكة النحاس فيحل جزءا منها ويتركب معه فيصيران كبريتات النحاس
فيستعاض به عما انحل من كبريتات النحاس اولاً. ولذلك يبنى كبريتات
النحاس على حالة واحدة من التركيز اي انه يبقى في المذوب على كمية واحدة.



الشكل ٢٦٦

وبعد ان يرسب على القالب ما يكفي من النحاس يرفع ويتزع الكونابرخا عنه
واذا اريد نقل مثال ثان عن مثال النحاس هذا بطلق فناء بطلاء من القرنش
حتى لا يعود يوصل الكهربية ويغمس في مذوب كبريتات النحاس فيرسب
النحاس عليه حتى يصير سمكه قدر المطلوب ثم يتزع عنه هذا الراسب بسهولة
فيكون مثله. كلما غمس حروف المطابع واوراق الاشجار والحشرات والاثمار
والازهار ايضاً. كل ذلك ولا احد يسمع للكهربائية صوتاً ولا يرى لها هيئاً

(٤٦٤) رابعاً التليس بالكهرمانية . الفرق بين الافراغ والتليس انه في الافراغ ينقل عن القالب مثال له وفي التليس يكس القالب نفسه كساء دائماً لا ينزع عنه من النضة او الذهب او النحاس . والمعادن التي يسهل تليسها كثيراً النضة الجمرانية والنحاس وفضة النكل وهي مزيج من النحاس والتوتيا والنكل تصنع منه احسن الآنية الملبسة . ويتنضي للامتعة ان تعد على ثلاث طرق حتى تصبح صالحة للتليس . فالآنية حتى يذوب عنها ما يلصق بها من المواد الذهبية وثانياً لما كان النحاس يلبس اكثر من غيره وكان احماؤه على ما تقدم يكسوه كساء من اكسيد النحاس الاول فلذلك يغس حامياً في حامض تريك مخفف جداً حتى يذوب الاكسيد عنه ثم يترك بفرشاة قاسية ويغسل بالماء المنطّر ويجفف بطره في دقيق نشارة الخشب محي قليلاً . وثالثاً بزال عن الامتعة كل ما يلوثها من الافلار بغمسها في الحامض التريك ثم في مزيج من الحامض التريك والملح والكتن وغسلها جيداً بالماء المنطّر وتجفيفها في دقيق النشارة كما سبق وبعد ذلك تعلق بالنطب السلي من بطارية ذات ثلاث كؤوس او اربع وتغسل لتليسها النضة في مغطس حرارته ما بين ١٤٠ و ١٨٠ ف حتى تلبس قدر المطلوب . واما المغطس ففي تركيبه اختلاف كثير . والغالب في الاستعمال ان يستحضر بتدوير جزئين من سيانيد النضة وجزئين من سيانيد البوتاسيوم في ٢٥٠ جزءاً من الماء وتعلق سبيكة من النضة بالنطب الايجابي وتغسل في المغطس للتعويض عن النضة التي ترسب من المغطس في التليس فينبغي المغطس على قوة واحدة كما تقدم في الافراغ (٤٦٣ د)

والتليس بالذهب كالتليس بالنضة الا ان الذهب يستعمل في المغطس عوضاً عن النضة وكذلك السبيكة تكون من الذهب . ويصنع المغطس بتدوير سيانيد الذهب في مذوب سيانيد البوتاسيوم بالماء

والتليس بالنحاس كالتليس بالذهب والنضة ولكن بابدال الذهب والنضة بالنحاس . ويصنع المغطس له بتدوير كبريتات النحاس في الماء حتى يشبعة

(اي حتى لا يعود بذوب فيو) ثم يصب فيو نحو نصفو من الماء مع شيء يسير من الحامض الكبريتيك. والغالب ان تلبس به المعادن التي لا تلبس الذهب جيداً كالحديد والفولاذ والفضة والقصدير والرصاص والخشب وذلك بعد دهنها بمحوق الرصاص الاسود ليصح تليصها ذهباً حينئذ.

(٤٦٥) تأثيرها الفسيولوجي * اذا مسك الانسان يديه قطبي بطارية ذات كاس واحدة لم يشعر بتاثيرها واما اذا مسك قطبي بطارية قوية فيشعر بالآلم ولا سيما اذا بلل كفيو بالماء الملح لزيادة الايصال فان تاثيرها قد يعطبة. هذا وقد رُدت الارانب بكهربائية البطارية الى الحياة بعد ان خُففت نصف ساعة من الزمان. واذا جرى المجرى الكلفاني في جسد الميت شجّه وحركه تمريكاً يرعب الناظر. واذا جرى في دماغ الحي اثر فيو تاثيراً غريباً حتى صار ذلك يستعمل اليوم لكشف وظائف الدماغ



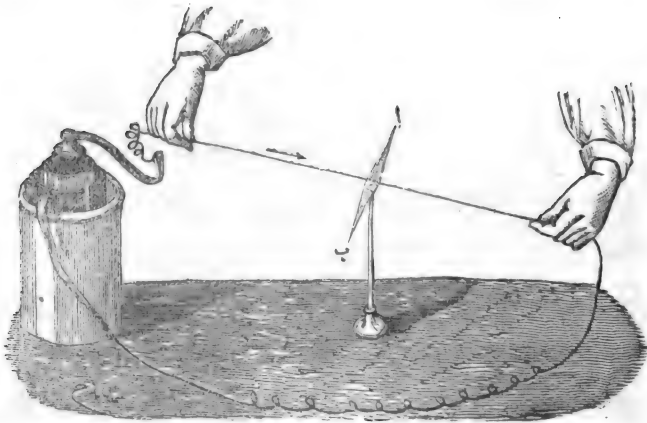
الفصل الرابع

في الكهرباء المغنطيسية

(٤٦٦) فعل المجرى في المغنطيس * الكهرباء المغنطيسية فنٌ بُحث فيه عن الظواهر التي تظهر من المغنطيسية والكهربائية معاً. والذي ادّعى الى وضعه اكتشاف العلامة ارستد استاذ الطبيعيات في كوبنهاغن وهو انه اذا مرّ مجرى كهربائي فوق ابرة

مغناطيسية او تحتها يحرفها عن وضعها الاصلي فتطلب ان تكون عمودية عليه

ولبيان ذلك خذ ابرة مغناطيسية متحركة وموضوعة في الهاجرة المغناطيسية كالابرة ا ب في الشكل ٣٦٧ ثم قرب منها شريطاً تجري الكهربية عليه فتخرف الابرة عن وضعها الاصلي ويمتد ثم يهدأ على زاوية قائمة على الشريط تقريباً . ويقرب وضعها من الزاوية القائمة على الشريط كلما زاد الجرى الكهربي قوة * ثم اذا كان الشريط فوق الابرة وجرت الكهربية عليه من الجنوب الى الشمال

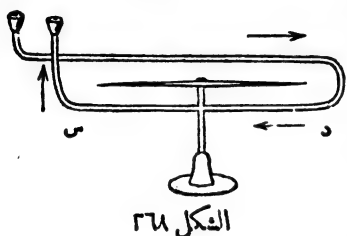


الشكل ٣٦٧

انحرف قطب الابرة الشمالي غرباً . واذا جرت من الشمال الى الجنوب انحرف قطب الابرة الشمالي شرقاً . وبمعكس ما تقدم ان كان الشريط تحت الابرة . وعليه وضع أمير القاعدة الآتية لترسخ جهات الابرة في الذهن وهي : اذا نوه الناظر نفسه منطرحاً فوق الابرة او تحتها بحيث يكون وجهه متجهاً اليها في الحالين وقام مقام قطعة من الشريط وجرى الكهربي من رجليه وخرج من راسه انحرف القطب الشمالي من الابرة الى يساره دائماً * وكذا ان جرى الكهربي من راسه انحرف القطب الجنوبي من الابرة الى يمينه دائماً * وكذا ان جرى الكهربي

(٤٦٧) الكلفانومتر* هو آلة تناس بها قوة المجرى الكهربائي وجهته. وقد اخترعه شفيكر الجرمانى بعد اكتشاف ارستد بزمان يسير على المبدأ الآتى

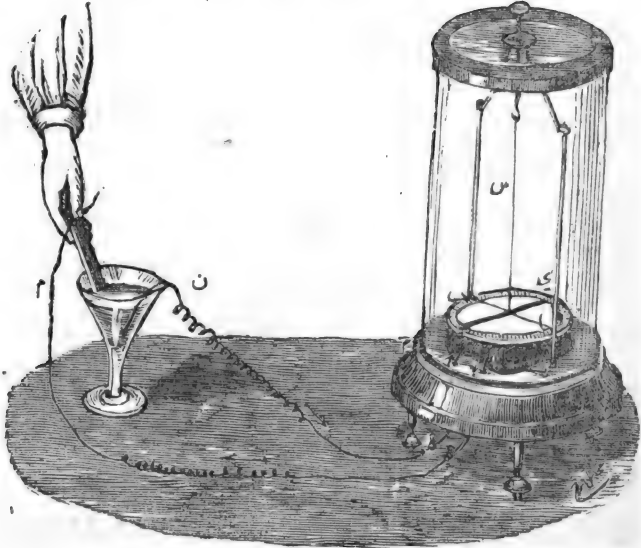
٢٦٨ افلننا الشريط فوق الابر وتحتها من قطب الى قطب كما ترى في الشكل واجربنا المجرى الكهربائي فيه انحرف قطب الابر الشمالي الى يسار الناظر كما في قاعدة امبير وكان انحراف الابر اعظم من انحرافها في الشكل ٢٦٧ لان الشريط يؤثر فيها هنا من فوقها وتحتها وما بينها ولا يؤثر فيها هناك الا من فوقها فيزداد تأثير المجرى الكهربائي



فيها مع بقائه على قوته بزيادة عدد اللغات حتى يصير المجرى الضعيف جداً كالمجرى القوي على شريطة واحدة. فتناس قوته بانحرافها ولو كانت ضعيفة جداً ولا ينبغي ان مغنطيسية الارض من شأنها ان توجه قطب الابر الشمالي الى الشمال فتقاوم انحرافها بالمجرى الكهربائي. ولذلك يضعون ابرة فوق أخرى بحيث يكون القطب الشمالي من الواحدة تجاه الجنوبي من الاخرى والجنوبي تجاه الشمالي. فلا تعود الارض تقاوم انحرافها بالمجرى الكهربائي الا قليلاً لانها تجذب قطب الواحدة كما تدفع قطب الأخرى تقريباً اذ تجمل مغنطيسية الواحدة اقوى من مغنطيسية الأخرى قليلاً فتبقيان خاضعتين لتأثير المجرى الكهربائي فيها ويقال لما النظام الاستاتيكي

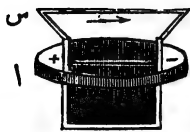
ترى في الشكل ٢٦٩ صورة الكلفانومتر. ب لفنة من الشريط الملفوف حوله حرير لفصله فتجري الكهربائية عليه وكون الشريطة الداخل المجرى الكهربائي عليها من البطارية او نحوها الى اللفة وم الشريطة الخارج عليها من اللفة الى البطارية او نحوها. وس خط من الحرير يمتلئ به نظام استاتيكي بحيث

تكون احدى ابرتيه داخل تجويف اللفة والاخرى اب فوق دائرة منسمة .
وشرط اللفة ملفوف على نحاس وموضوع على قرص من النحاس ايضاً للولاب
لجمل سطحه انفيها . فيعرف وجود المجرى الكهربائي على الشرط من انحراف



الشكل ٢٦٩

فقط الابر وتعرف شدته من مقدار انحرافه وتعرف جهته من جهة انحرافه .
وبسبب الكلفانور بالريومتر والمضاعف ايضاً لانه يزيد قوة المجرى الكهربائي
(٤٦٨) فعل مجرى يجري * ضع شريطة على موازاة شريطة
اخرى وأجر المجرى في كل منها فاذا جرى المجرى في جهة واحدة
تجاذبنا واذا جريا في جهتين متعاكستين تدافعتا



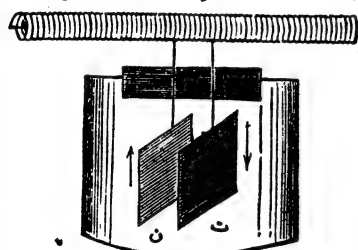
الشكل ٢٧٠

ولبيان ذلك ضم صفيحة من التوتيا الملفمة الى
اخرى من النحاس وثبتها في قطعة من النحاس اب
(الشكل ٢٧٠) حتى يعوم عند وضعها في حامض

مخفف. وصل بين قطبيها الايجابي والسلي بشرطة س ت فيجري المجرى عليها في جهة السهم. ثم صل بين قطبي بطارية بشريط حتى يجرى المجرى عليه وقرنة يديك موازياً للشريطة س ت. فان كان المجرى جارياً عليه في جهة السهم جذب الشريطة س ت اليه وان كان جارياً في عكس جهة السهم دفعها

هنا اذا كان الشريطان متوازيين واما اذا قاطع احدهما الآخر وكان ثابتاً والآخر قابلاً للحركة فاذا جرى المجرى فيها نحو نقطة التقاطع او عنها تجاذبا واذا جرى احدهما نحوهما والآخر عنها تدافعا

(٤٦٩) اللثة القنوية * خذ اسطوانة فارغة كرشية مثلاً وادخل في ثقب



الشكل ٢٧١

بجانبها شريطاً مفصلاً متصلاً بلوح النحاس ن (الشكل ٢٧١) ومدة في محورها حتى يخرج من احد طرفيها ثم لثة على خارجها لتألولياً من طرف الى طرف وادخله فيها من الطرف الآخر ومدة في محورها ثم اخرجها من

ثقب في جانبها وصله بلوح التوتيا فيتكون منه لثة كاللثاة ولذلك يقال له القنوية والتفاف الشريط فيها اما ان يكون من اليمين طالعاً الى اليسار وعينك تنظر داخلها من طرف من طرفها الى اليسار طالعاً الى اليمين وعينك كذلك. فاذا جرى المجرى الكهربائي في لثة من النوع الاول داخلًا من الشمال وخارجًا من الجنوب اكسبها هذه الخصائص (١) اذا كانت متحركة وتركت للثاتها فعلت بها الارض كما تنعل بالابرة المغنطيسية ووقعتها في خط الهمز المغنطيسي ووجهت شمالاً الى الشمال وجنوباً الى الجنوب (٢) اذا قُرب القطب الشمالي من المغنطيس الى قطبها الشمالي تدافعا واذا قُرب الجنوبي تجاذبا (٣) اذا قُرب اليها لثة قنوية من نوعها فيها مجرى كهربائي تجاذبتا وتدافعتا كما هما مغنطيسان * واذا جرى المجرى الكهربائي في لثة من النوع الثاني انعكس القطبان وجذبها ودفعها

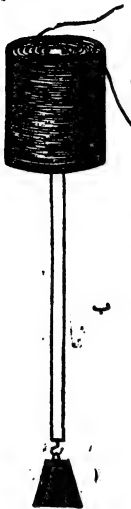
(٤٧٠) رأي امبير في القوة المغناطيسية * يستنتج ما تقدم انه اذا جرى المجرى الكهلائي على لثة صبرها مغناطيساً قطباً يتغيران حسب الجهة التي يجري المجرى فيها على اللثة. ويمكن ان يعكس هذا الاستنتاج فيكون المغناطيس جسماً تجري الكهربية على دقاته وهذا هو رأي امبير. اما اللثة فيجري فيها مجرى واحد واما المغناطيس فيجري مجرى في كل دقيقة من دقاته ولذلك تكون مجاريه عديدة جداً ثم اذا تصورناه مؤلفاً من سافات من الدقائق بعضها - بجانب بعض فمجاري الدقائق التي في وسط الساف يطل بعضها بعضاً حتى تبقى قوة مجاري الساف كقوة معادلة لقوة مجرى واحد يحيط بها على سطح المغناطيس. واما من جهة هذه المجاري المزعومة بها فتكون على ما يظهر من اللثة القنوية معاكسة لجهة عقارب الساعة في القطب الشمالي من المغناطيس ومطابقة لجهة عقارب الساعة في القطب الجنوبي منه (اي انها تكون من اليمين الى اليسار في الشمالي وبالعكس في الجنوبي)

(٤٧١) مغناطيسية الارض * وعلى ما تقدم تعلل مغناطيسية الارض بانها مجاري كهربية تجري حولها من الشرق الى الغرب عمودية على الهاجرة المغناطيسية (عد ٤١٤) والمظنون ان هذه المجاري تحصل من تفاوت حرارة الشمس على اقسام مختلفة من الارض من الشرق الى الغرب لان تفاوت الحرارة يهيج الكهربية كما سيبي (عد ٤٨٤). ولما كانت هذه المجاري تجري حول الارض من الشرق الى الغرب وكانت مجاري الابرّة المغناطيسية تجري حولها على عرضها لا على طولها فهي لا تمداً حتى تصير مجاريها موازية لمجاري الارض اي حتى ينحط طولها شمالاً وجنوباً



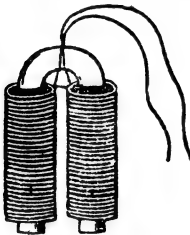
(٤٧٢) المغناطيس الكهربي * تقدم (عد ٤٠٨) ان المغناطيس الصناعي يصطنع بالكهربية وتقدم بيان ذلك في كهربية الاحثك (عد ٤٤١) واما في الكهربية الكهلائية فاذا لفت شريط مفصول على حديد لين ووصل طرفاه بنقطتي بطارية كهلائية فعند ما يجري المجرى الكهربي في الشريط يصير المحمد مغناطيساً

وعندما ينقطع عن الشريط يفقد الحديد مغنطيسيته. وإذا بدل الحديد بالنولاد صار مغنطيساً دائماً. وكلما زاد عدد لفات الشريط زاد المغنطيس قوة حتى انهم قد صنعوا كذلك من المغنطيس ما يحمل ٢٥٠٠ ثقل من ثقله * ترى (الشكل ٢٧٢) صورة لثة اذا وصل طرفا شريطها ببطارية كلفانية ووضع اسفلها قضيب ب من الحديد فعند جري الكهرباء فيها يتمغنط القضيب فتجذبه وتحملة حاملاً ثقلاً كبيراً وتعلنه بين السماء والارض لاثني فوقه ولا شيء تحته. فيظهر من ذلك ان اللثة والقضيب يتمنطان معاً



الشكل ٢٧٢

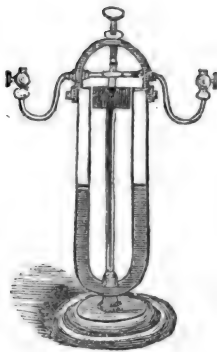
اما المغنطيس الكهربائي فحديدة لينة على شكل نضوة النرس (الشكل ٢٧٣) يلف شريط منسوخ من النحاس على ساعديها فتتمغنط عند جري المجرى الكهربائي في لثتي الشريط تتمغنطاً وقتياً يزول عند انقطاع المجرى. ويصنع ايضاً من قضيبين من الحديد يصل بينهما قضيب ثالث ويلف عليهما الشريط. وتزداد قوته بتعاظم حجمه وازدياد التفاف الشريط عليهما واشتداد المجرى الجاري فيه (٤٧٣) حصول الحركة الميكانيكية بالكهربائية *



الشكل ٢٧٣

اذا مننطنا قضيباً من النولاد بلثة من الشريط ثم عكسنا جهة المجرى عليها انعكس قطبا هذا المغنطيس فيستقدم ذلك للحصول على حركة متصلة * ترى في الشكل ٢٧٤ آلة باج الدوارة وهي مؤلفة من مغنطيس نضوي قائم ومغنطيس كهربائي صغير بين قطبيه موضوع على قضيب بدور حاملاً اياه. وفوق المغنطيس الكهربائي زنبركان موضوعان بحيث انه لا يدور دورة حتى يكون المجرى الكهربائي قد مر من كل منها الى الشريط الملفوف على المغنطيس الكهربائي فيعبر المجرى الكهربائي عليه تارة الى

جبة وأخرى الى عكسها ولذلك يتغير قطباه مرتين في كل دورة. ثم ان قطبي المغنطيس النضوي القائم يجذبان قطبي هلا المغنطيس الكهربي ولكن



الشكل ٢٧٤

هذين لا يصبران مقابلهما حتى يكونا قد انعكسا بانعكاس جهة المجرى الكهربي على الشرط. ولذلك يقع الدفع بينها وبين قطبي المغنطيس القائم فيبعثان عنها دائرتين حتى يعود كل منهما ويقارب عكسه من قطبي المغنطيس القائم فيقع الجذب بينهما كالسابق ومتى تقابل الاثنان المتجاذبان تنعكس جهة المجرى الكهربي فيتلافحان ولم جراً. فيحصل من الجذب والدفع دوران المغنطيس الكهربي والتضرب الحامل له وذلك

هو الحركة المطلوبة. وقد يكون دورانه سريعاً جداً حتى يصير عدد الدورات ٢٥٠٠ دورة في الدقيقة فتعكس جهة المجرى ٥٠٠٠ مرة فيها

(٤٧٤) الآلات المنطبعة الكهربية * هذه الآلات تصنع على مبدأ من مبدأين فاما ان تصنع على مبدأ ان المغنطيس يكتسب القوة المنطبعة والمجرى الكهربي جاري حوله ويتقدمها عند انقطاع المجرى عما حوله فيكون له قوة الجذب والدفع في الحال الأولى ولا يكون له قوة منها في الحال الثاني فلا يحرك غيره. واما ان تصنع على مبدأ انعكاس جهة المجرى الذي سبق بيانه. وقد صنع منها آلات بقوة ثمانية وعشرة احصنة ولكنهما لم تكثر في الاستعمال لكثرة ما يقتضي لها من النفقة. فانه يلزم للمجرى الكهربي وقود كما يلزم للحرارة وقود. ووقود المجرى الكهربي الدوتيا وهذه يقتضي ان يوقد منها لتحريك آلة بقوة عشرة احصنة ما قيمته اعظم جداً من قيمة الفحم المحجري الذي يوقد لتحريكها

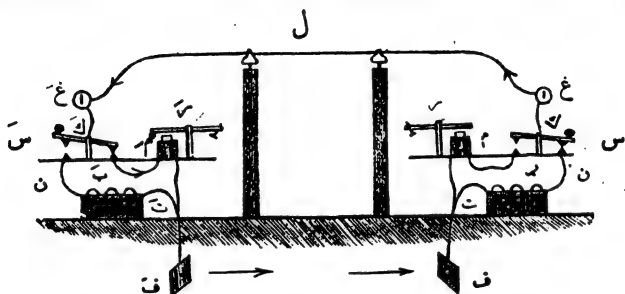
(٤٧٥) التلغراف الكهربي * من اعظم منافع الكهربية

في اعمال الناس التلغراف تنقل به الاخبار من ناحية في الارض الى اخرى بسرعة عظيمة. وتاريخه طويل والمخترون فيه كثيرون وانتم انواعه واغلبها استعمالاً لتلغراف مورس الامبركاني ومبداءه مبدأ المغنطيس الكهربائي كما سنرى

اما الادوات الجوهرية التي يتألف منها هذا التلغراف فثلاث : بطارية تهيج الكهربائية وشريط موصل لايصال المجرى الكهربائي والراقم لخط العلامات المستعملة للدلالة على حروف الهجاء. فالبطارية الغالب استعمالها بطارية كروف. والشريط اما ان يمد في الهواء او تحت الارض او في الماء. فالاول يصنع من الحديد المنصوب ويمد بين مكانين ماراً على اعمدة خشبية عليها سندات فاصلة من الخزف الصيني لتسندة. والثاني يمد في المدن حيث يخشى انقطاعه في الهواء ويصنع عادة من النحاس الملبس بالكونايرخالفصلو فلا تبدد كهربائية في الارض التي يمر فيها. والثالث يمد في البحور بين بلاد وبلاد ويصنع بفنل شرائط من النحاس الخالص الواحدة على الاخرى ثم يفصلها بجسم فاصل وتلييسها اجساماً تقيها من تاثير الماء فيبلغ قطر شريطها فيبراطاً بعد كل ذلك. والراقم سيأتي تفصيله بعد الكلام على ارسال الرسالة البرقية

(٤٧٦) ارسال الرسالة البرقية * لنفرض اننا مددنا الشريط ل بين مكانين كيروت س ودمشق س (الشكل ٢٧٥) ووضعنا في كل منهما بطارية ب وب حتى تجري الكهرباء الايجابية من ت في جهة ن ومن ت في جهة ن وان ك ك مفاحان لارسال الكهربائية (وسيأتي ايضاحها) وغ غ كلفانومترا ن وم م قابلتان وهما مغنطيسان كهربائيان وتسميا قابلتين لقبولهما الكهربائية. و ر ر راقمان يرقان علامات الحروف. وف ف لوحان من المعدن مساحة سطح كل منهما عدة اقدام مربعة وهما نازلان في الارض. فاذا اراد العامل بالتلغراف ان يبعث

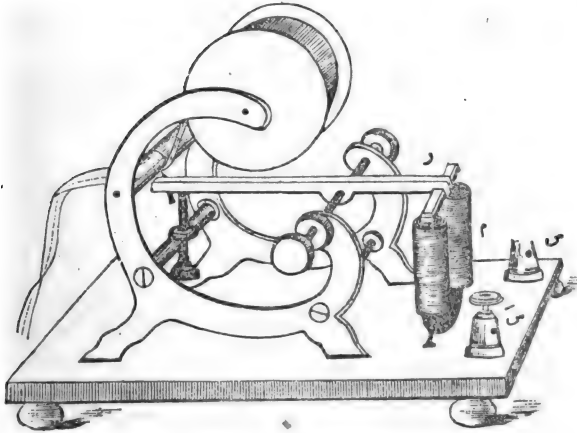
رسالة برفية الى دمشق ضغط باصبعك طرف المتناج ك حتى يمس اسفله حديدية
تحته فيجري المجرى الكهربي من القطب الايجابي للبطارية ت ماراً على المتناج
والكلثانومتر غ والشريط ل الى محل التلغراف في دمشق ثم يمر على الكلثانومتر
غ والمتناج ك والقابله م وينزل الى اللوح ف ويمناز منه الى الارض فيجري فيها
في جهة السهين حتى يصل الى ف في بيروت ومنه الى القطب السليبي ت من
البطارية ب حيث يتم الدائرة وتكون م حينئذ منفصلة عن ت حتى يجري المجرى



الشكل ٢٧٥

الكهربي كما ذكرنا. وما زال طرف المتناج ك مضغوطاً على ما تحته يفي المجرى
على ما تقدم ولكن حالما ترفع الاصبع برجع طرف المتناج الآخر بقوة زنبرك
ويس تنو تحته ويرفع الطرف الاول عما تحته كما ترى عند س * واذا اراد العامل
في دمشق ان يبعث الرسالة ضغط طرف المتناج عنده فيجري الكهربية من
البطارية ب على نحو ما ذكر حتى تعود اليها فيصدر س الباعث وس القابل
(٤٧٧) الراقم * هلا جزء من آلة (الشكل ٢٧٦) فيها مغناطيس كهربائي م
ملفوف عليه شريط دقيق وطويل جداً من النحاس . فينصل احد طرفي هذا
الشريط بالشريط الممتد بين المکانين ل (الشكل ٢٧٦) بواسطة اللولب س
ويتصل طرفه الآخر بشريط اللوح المعدني ف في الارض بواسطة اللولب س
فعند ما يضغط المتناج في دمشق لارسال الرسالة البرقية الى بيروت مثلاً يجري
المجرى على لفتي المغناطيس الكهربائي في بيروت فيجذب هذا المغناطيس لمحافظة

المتصلة بطرف الرام (الشكل ٢٧٦) فيتنفخ هذا الطرف ويرتفع الطرف الآخر. وفي هذا الطرف مسمار مرأس فعند ارتفاعه يمس سيرا من الورق يُنشر عن ملف ويثبت بواسطة دوالب كدوالب الساعة (لم ترسم في الشكل) فيغزّه رأساً على نطقة او خطاً طولاً حسب المراد وعند ما يرفع الضغط عن

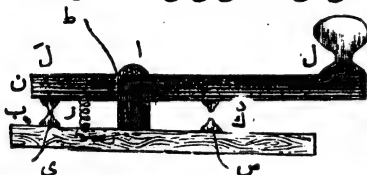


الشكل ٢٧٦

المنتاج في دمشق ينتفع المجري عن المغنطيس الكهربائي في يروت فيتنفخ الطرف الذي فيه المسمار من الرام ويرتفع الطرف المتصل بالحافظة. ثم يعود العامل فيضغط المنتج في دمشق فيعود المسمار ويغز الورق في يروت على ما تقدم وهكذا حتى تنتهي الرسالة. وتكون علامات الحروف فيها نقطاً وخطوطاً والفرق في خطها يتوقف على تقصير زمان ضغط المنتج وقطوبله. وماك علامات مورس للحروف الافرنجية. فيفصل الحرف عن الحرف في الكلمة فليلاً

A . —	J — — — —	R — — —
B — — — —	K — — — —	S — — —
C — — — —	L — — — —	T — — —
D — — — —	M — — — —	U — — —
E — — — —	N — — — —	V — — —
F — — — —	O — — — —	W — — —
G — — — —	Ö — — — —	X — — —
H — — — —	P — — — —	Y — — —
I — — — —	Q — — — —	Z — — —

ونفصل الكلمة عن الكلمة أكثر من ذلك . وقد يرن سمع المشتغلين بالتلغراف حتى يصيروا يعرفون الحروف من سماع صوت وقع المحافظة على المغناطيس الكهربي في م فيستغنون عن الرام . وعلى ذلك اخترعوا الصائبة وهي مغناطيس نضوي صغير امامه حافظة يبعدها زنبرك عنه . فاذا مرّ الجرى الكهربي فيه يجذب المحافظة فتقع عليه بصوت قوي وإذا انقطع عنه الجرى الكهربي تندفع عنه بقوة الزنبرك فتعرف علامات الحروف من صوتها * هذا وقد ظهر ان مدار التلغراف الكهربي كلكو على وصل الدائرة الكهربية وفصلها في محل واحد ومغطة المغناطيس الكهربي وتزرع مغناطيسيتو بذلك في محل آخر على التعاقب (٤٧٨) مفتاح التلغراف * هو محل من الخاس ل ل (الشكل ٢٧٧)

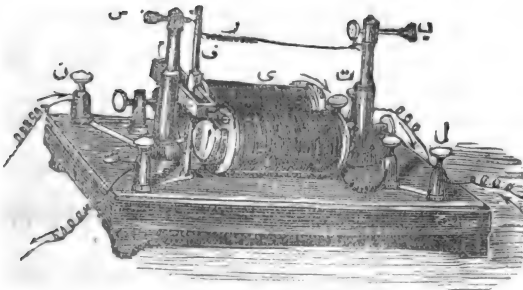


الشكل ٢٧٧

يتحرك على محور في اعلى العمود ا
وعلى اسفله تتوان من الهلاتين د
ون وهذان بفرعان على تتويين
آخرين من الهلاتين ك وب

فالاول ك يتصل بالشريط س والثاني ب يتصل بالشريط ي والشريطان المذكوران يتصلان بنقطتي البطارية (الشكل ٢٧٧) فاذا ترك المحل للذاتو مس ن ب بقوة الزنبرك ز . ويتصل بالمحور الذي في ا من المحل شريط ثالث ط وهو الشريط الطويل الذي يتدوين المكاتين . فاذا كان المفتاح قابلاً كما في الشكل جرى الجرى الكهربي من المحل الباعث على ط ا ل ن ب ي ثم مرّ على آلة الرام لكتابة الرسالة كما مرّ وجرى من هناك الى الارض حيث يتصل بالقطب السلي من البطارية . ثم اذا ضغط على المفتاح صار باعثاً فيجري الجرى الكهربي على س ك د ا ط الى المحل البعيد . فالذي يريد ان يبعث الرسالة يدق بمفتاحه فيجري الكهربية منه الى محل الآخر فيقرأ هذا الرسالة ويشهوها وقبل الدق ينبه القابل في المحل الآخر وذلك بان يرسل الباعث الجرى الكهربي فيقرع جرساً في المحل الآخر فوستعد القابل لقبول الرسالة

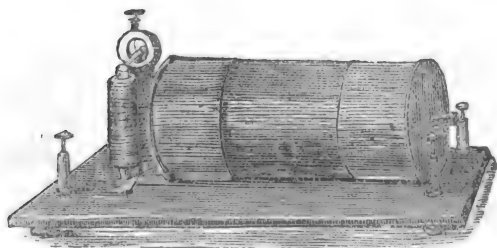
(٤٧٢) المدد * اذا زادت المسافة بين المكانين عن خمسين ميلاً يضعف المجرى الكهربائي من مقاومة الشريط له ومن عدم تمام النصل فلا يؤثر في المغنطيس الكهربائي تأثيراً كافياً للغط على الورقة . فاخترعوا له المدد ليدء بكمربائية بطارية توضع في المكان الذي فيه المغنطيس النضوي . ويتضح لك المدد من الشكل ٢٧٨ ل الشريط الممتد بين المكانين وت الشريط الممتد الى الارض ون الشريط المتصل بالنقط الايجابية من البطارية المحلية وز المتصل بالنقابلة ومنها بالنقط السلبية . فيجري المجرى الكهربائي من المحل الباعث الى ل ويدور على شريط المغنطيس الكهربائي ي ثم يخرج من ت ويجري الى الارض . فكلما جرى



الشكل ٢٧٨

على شريط ي يتمغنط ي فيجذب المحافظة المثبتة بطرف مغل قائم ف يتحرك على محور افقي في وسطه . وكلما انقطع المجرى الكهربائي عن شريط ي يسحب الزنبرك ر المخل ف يبعد المحافظة ا عن ي . ولذلك متى جذبت المحافظة ا الى ي يتحرك الطرف الاعلى من المخل ف الى الجهة المخالفة ويس اللولب س فيصعد المجرى من البطارية المحلية على الشريط ن الى م وس وينزل على ف الى ز ومنه الى المغنطيس الكهربائي في النقابلة م (في الشكل ٢٧٦) فيجذب هذا المغنطيس حافظته ويجرك الرام لخط العلامات . وبالحلاصة ان الباعث يدق النتائج في محله فيجري المجرى الكهربائي الى المحل الآخر ويجرك المخل ف في المدد فتربسل البطارية الموضوعة في هذا المحل كهربائيتها على الطريق الذي مهأه لها المجرى

الآتي من المحل البعيد فتعزك كهربائيتها الرافعة بقوة كافية
(٤٨٠) حل مجرى للمجى * لف شريطاً موصلاً منفصلاً على اسطوانة ثم ليس
هذه اللثة قرطاساً متيناً واطلوه بالصمغ ثم لف حوله لفّة ثانية لا تتصل بالأولى وصل
طرفي اللثة الأولى بطارية وطرفي الثانية بكلفانومتر. فعند ما يجري المجرى في
الأولى يحل كهربائية اللثة الثانية الخارجية ويهيج فيها مجرى يجري في عكس
جهته كما يعلم من الكلفانومتر ويسمى مجرى الأولى الأولي ومجرى الثانية الثانوي
لأن هذا المجرى الثانوي ينقطع بعد قليل ولا يعود يظهر حتى ينصل شريط
الأولى عن البطارية فيظهر حينئذ جاريًا في جهة المجرى الأولي حتى ينقطع
ثانية. ونسئ اللتان معاً لفّة الحدة * وقد ظهر بالتجارب المتنوعة ان كل مجرى
مبتدئ او مقرب لشريط موصل او متزايد القوة لسبب من الاسباب يحدث
في الشريط المجاور له مجرى يجري في عكس جهته وان كل مجرى منقطع او مبعّد
عن شريط موصل او متناقص القوة لسبب من الاسباب يحدث في الشريط
المجاور له مجرى يجري في جهته



الشكل ٢٧٩

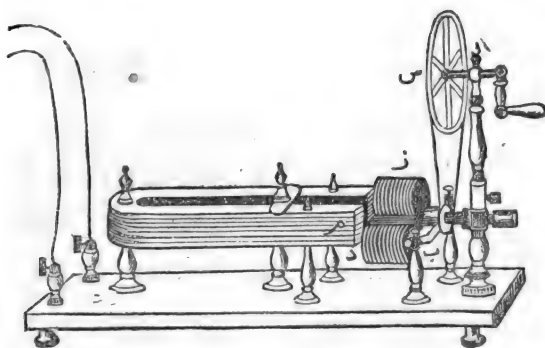
تري في الشكل ٢٧٩ لفّة حدة متصلاً شريطها الداخلي بنطلي بطارية لم
ترسم هنا. فبعد مرور المجرى الكهربائي فيه يمرّ على مغناطيس كهربائي امامها
فيجذب المغناطيس حافظة تجمّاه. فتفصل الدائرة وينتد المغناطيس مغناطيسية
فنفلت الحافظة منه وترجع الى مكانها بقوة زنبرك فتتصل الدائرة ويعود المجرى
الكهربائي. وبهذا الفصل والوصل يتهيج المجرى الثانوي في الشريط الخارجي على

ما تقدم ويوضع في تجويف هذه اللفة حزمة من شريط الحديد فتزيد قوة
المجرى الكهربائي في اللفة الخارجية بالحمل أيضاً. ويمتد طرفا الشريط الخارجي
فيمسك به المرحل ليتعالموا بالمجرى الثانوي. وهذا الشكل كثير الاستعمال في الطب
وعلى هذا المتوال تصنع لفة رُمُكُوف فيلف على الانواع الكبيرة منها من
ثلاثين الى خمسين ميلاً من الشريط. وقد استنبط لما رُثِي الاميري استنباطات
عديدة بها جعل المجرى شديداً جداً فصنع منها لفة تخرج شراً طوله ٥ اقيراطاً
وتغلا الفينة اللبدينية وتفرغها بصوت كطلق البارودة بسرعة عظيمة. وللمجرى لفة
رُمُكُوف من التأثير في الاجسام ما للبطارية ولكن تأثيرها اشد

(٤٨١) حل المغنطيس للمجرى * كما ان المجرى الكهربائي يحمل مجرى آخر
في شريط بالقرب منه (عد ٤٨٠) كذلك المغنطيس يحمل المجرى الكهربائي في
الشريط الذي حوله. فاذا صُنِعت لفة من الشريط ووصل طرفاها بالكلفانومتر
ثم ادخل طرف قضيب من المغنطيس بفتة في جوفها حصل فيها مجرى كهربائي *
وقفي معاكس في جهته لجهة المجرى المظنون انه بدور حول المغنطيس (عد ٤٧٠)
كما يستدل بالكلفانومتر. ثم ان هذا المجرى ينقطع ما دام المغنطيس في اللفة
ولكنه حالما يخرج منها يحصل فيها مجرى آخر وقفي موافق لجرأه * وكذلك اذا
وضعنا في اللفة حزمة من شريط الحديد اللين وقربنا اليها القطب الشمالي من
المغنطيس بفتة فيظهر المجرى الكهربائي في اللفة ثم ينقطع ما دام المغنطيس على
الحزمة ويعود جارياً بعكس ما كان حال رفع المغنطيس عنها * وعليه يهيج
المغنطيس مجرى في لفة الشريط كلما دخل فيها او خرج منها اذا كان هو
متحركاً وهي ثابتة. او كلما بعدت عنه وقربت منه اذا كانت هي متحركة وهو
ثابت. فيحصل المجرى بان تغيير وضع المغنطيس من اللفة وبحصلان ايضاً بزيادة
قوة المغنطيس ونقصانها وهو في اللفة

وقد اخترعوا آلات شتى على هذا المبدأ تسمى آلات كهربائية مغنطيسية منها
هذه الآلة (الشكل ٢٨٠) م مغنطيس قضوي مركب من عدة مغنطيسات بعضها

مرصوف فوق بعض وب منطيس كهربائي مؤلف من ساعدي حديد وحديدة
ثالثة بينها. فمدار الدولاب س فتدور اللتان تجاه قطبي المغنطيس وحينئذ
يمتط هذان القطبان ساعدي الحديد بالحل والساعدان يهيجان مجري كهربائي
في كلي من اللتين. ويجري الجري على شريطين ممتدين من اللتين تحت كرمي
الآلة فيتمسك العليل بها فيشعر بالهزة الكهربائية ولا سيما اذا وضعت حافظة
على المغنطيس النضوي. وهذه الآلة كثيرة الاستعمال في المعالجات الطبية لسهولة
نقلها واستعمالها



الشكل ٢٨٠

(٤٨٢) الشمعة الكهربائية * تقدم (حد ٤٦٠) انهم يحاولون الان تعميم النور
الكهربائي ومن جملة الآلات التي صنعت لاستحضار هذا النور شمعة بتيغوف وهي
مصنوعة من قضيبين رقيقين من الكربون المحضر يوضع احدهما قرب الآخر
وعلى موازاةه ويصل بينهما بصفيحة من الكاولين ثم يوصل بها شريط آلة
كهربية مغناطيسية فيتمدد بينهما القوس المثلثية بجملة شديدة جداً تاكلها. ولما
كان القطب الايجابي منها يوصل اكثر من السلبي فقد جعل لهذه الشمعة
تدير حتى ان القطب الايجابي يكون تارة على هذه القبة وطوراً على تلك
بالساوي فيبقي طول القهتين واحداً ولا تنقطع القوس من بينهما حتى تفترقا
كلتاها معاً. حسبوا ان نفقة هذه الشمعة $\frac{1}{10}$ من نفقة شمعة نساويها من نور الغاز

(٤٨٣) التَّلْفُون * تلفراف لنقل الاصوات بالذات
لاعلامات الحروف الهجائية اخترعها بِل الاميركاني سنة ١٨٧٧



النكر. ٢٨١

وهذه صورة منطوعة
(الشكل ٢٨١) ا قضيب
من المغنطيس مثبت بلولب
في اسفل لولب لفة من شريط
التحاس المنفصل ملفوفة
حول راسه ويتدطرفاهاس
س الى د د ويتصلان من هناك
بشريط التلفراف او بشريطين
آخرين يتصلان الى حيث شئت
وامام راس المغنطيس واللفة صفيحة
ي ي من الحديد اللين لا يزيد
سمكها عن سمك قرطاس الكتابة
المتين

ويان نقل الاصوات بوان
المغنطيس ا بمغناطيس صفيحة ي ي
بالحل ومتى تكلم المتكلم امامها تهتز
الى الامام والوراء فتغير باهتزازها
هذا كيفية توزع المغنطيسية على
المغنطيس ا فيحصل من هذا التغير

مجاري متعاكسة منقطعة في اللغة ب. وايضا ان اقتراب الصفيحة ي ي الى اللغة
وابتعادها عنها في اهتزازها يحدثان في اللغة مجاري كالجاري التي مجديها

المغناطيس افنتقل هذه الجاري المنقطعة الى الخلل البعيد حيث يكون تلفون آخر . وعند وصولها الى اللغة التي في هذا التلفون تجذب الصفيحة ي ي وتركمها على التوالي فتتهز هذه الصفيحة كما اهتزت الصفيحة الاولى بصوت المتكلم فتصوت صوتاً كصوته . او تهز دقات المغناطيس نفسه فيسمع الصوت من اهتزازها ولو لم تكن الصفيحة موجودة على ما يظن البعض



الشكل ٢٨٢

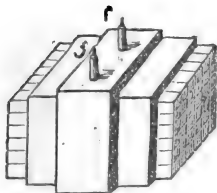
ترى في الشكل ٢٨٢ صورة رجل يكلم غيره ويسمع كلامه بالتلفون وقد تمكنوا من التكلم بـ ١٠٠ ميل اي بين فليندليا وشيكاجو الا ان صوته لا يخلو من الرنة المعدنية . اما طوله فهو خمسة قراريط ونصف واما قطر فوهته فاقل من ثلاثة قراريط . ويومل منه النفع العظيم في المستقبل

الفصل الخامس

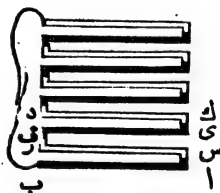
في كهربائية الحرارة

(٤٨٤) كما ان الكهرباء تُحوّل الى حرارة كذلك الحرارة تُحوّل الى كهربائية ويتضح ذلك من رصيف كهربائية الحرارة لنوبيلي كما سنرى

خذ صفايح من الزموت والانتيمون وصلها بعضها ببعض كما يتصل ا ب و س ر و ي ف و ك د الخ (الشكل ٢٨٣) واربط شريطة موصلة منصولة بصفيحة الزموت ا ب واخرى بصفيحة الانتيمون العليا وبرد اطراف الصفايح ب ر ف د الخ بثلج وضع حديدًا حاميًا على الاطراف ا س ي ك الخ . حتى تتفاوت حرارة الجانبين فيصدر منها مجرى كهربائي شديد ويجري على الشريطة الى حيث يراد



الشكل ٢٨٤



الشكل ٢٨٣

واذا أريد عمل رصيف كثير الصفايح بقصد الاستعمال رُصِف على ما ترى في الشكل ٢٨٤ ووصلت صفيحة الزموت الاولى فيو بالشريطة م وصفيحة الانتيمون الاخرى بالشريطة س فتكون م و س قطبيو الايجابي والسلبي . ثم انه ما دامت حرارة الاطراف على الجانبين على درجة واحدة لم يظهر شيء من الكهرباء واما اذا اختلفت على الجانب الواحد ولو يسيراً جداً عما في الجانب الآخر (كما اذا

وقعت فرائشة عليه واولحت اليد امامه على بُعد عشرين او ثلاثين قدماً (فيجري
المجري الكهربائي منه على الشريطين وبمرك الكلفانومتر اذا كانا متصلين به .
ولذلك يستعمل هذا الرصيف لمعرفة وجود الحرارة بها قلت

الفصل السادس

في الكهربية الحيوانية

(٤٨٥) قد مرّ ان كلفاني اكتشف مجرى كهربائياً في الضفدع فهنا المجري
يجري في الحيوان الحي او الذي لم يطل زمان موته من سطح جسده الخارجي اي
البشرة الى سطحه الداخلي اي الغشاء المخاطي وقد اثبت ألدني ذلك بان اخذ
راس ثور ووضع عليه العصب القطني من فخذ ضفدع ومسك طرف الفخذ
بيده وبلمّ بده الأخرى بماء ملح ومسك بها أذن الثور فكانت فخذ الضفدع
تنشّج كلما مسّ عصبها الغشاء المخاطي على لسان الثور . واثبت مَتْيُوشِي الاباطالي
بعده ان مجرى إيجائياً يجري على الدوام من داخل العضلات الى خارجها *
ويوجد من السمك ما يهزّ ماسكه كانه قنبلة ليدنية مما فيو من الكهربية كالرعاد
في البحر المتوسط وهو سمكة عريضة طولها نحو عشرين قيراطاً تجري كهربيائتها
على المعادن والماء وباقي الموصلات كما تجري عليها الكهربية المعروفة .
وكالانكليس الكهربائي في مياه امبركا الجنوية فهنا قد قدّر فارادي ان
كهربية انكليس منه طوله اربعون قيراطاً تخرج شرارة كشرارة بطارية ليدنية
ذات خمس عشرة قنبلة . وذكر مَبْلُت ان المنود اذا ارادوا صيده ساقوا الخيل
والبغال لتخوض الماء ووقفوا يصدونها عن الخروج منه . فيضطرب الانكليس
من خوضها ويهرّ على وجه الماء من تحت بطونها فيهزها هزاً عنيفاً بصرع بعضها
وينصب شعراعراف البقية على اعناقها ويحمل عيونها نمجظ خوفاً حتى تفرغ

كهربائية ونعني قوته فيفتر من خوضها الى الشاطئ فيضربه المندود بالحرايب
ويخرجونه بقطع غير موصلة من الخشب
ولا بأس من ذكر اكتشاف يُوليه هنا وهو ان النبات يُفَلت كهربائية
سلبية عند طلوعه من البذر واكتشاف آخر وهو وجود مجار كهربائية في
الاثمار وجذور النباتات النامية وقشورها واوراقها وان كهربائية المجذور وكل
اجزاء النبات الداخلية الملائة عصارة سلبية بالنسبة الى الاجزاء الخارجية او
الاقل عصارة

خلاصة الكتاب

(٤٨٦) سبق في المقدمة ان مباحث الفلسفة الطبيعية مقصورة على التغيرات
الطبيعية اي التي لا تلقى الصفات الخاصة للمادة بل العرضية فمن يعمل النظر
في مباحث مما يختص بمجدها تدور على اربعة امور: قوة الجذب وقوة الدفع
والدقيقة (المادية) والاستمرار. والى هذه ترجع كل اهل الفلسفة اذ هي
الاسباب الموجبة للتغيرات الطبيعية المشار اليها. فان قوتي الجذب والدفع اذا
فعلنا في دقائق المادة على ابعاد غير محسوسة صيرنا بعضها جامداً وبعضها
سائلاً وبعضها غازياً واذا فعلنا ولا سيما قوة الجذب منها في الاجسام (اي
مجموعات دقائق المادة) على كل الابعاد احداثا ظواهر الحركة والسكون
بحسب شرائع ثابتة قد مر الكلام عليها في باب الجاذبية والحركة والميكانيكيات
والسائلات والهوائيات. واذا فعلنا في الاجسام او في الدقائق حرّكها فخطرت
بالاستمرار كما مر في الرقاص او تهنّز اهتزازاً يوتر في حواسنا فنشعر بالصوت
او النور او الحرارة او الكهرباء كما علمت في ابوابها

ولما كان فعل القوة في المادة انما يجري على طريق معينة هي النواميس التي
لا تتغير الا اذا شاء بارئها كان حدوث حادث في عالم الطبيعة اتفاقاً محالاً

وكانت الصدفة والاتفاق في التعاليل الفلسفية لغواً. اما القوة فلا نعلم ماهيتها ولكننا نعلم بوجودها من فعلها في المادة ولا استطاعة لنا على خلفها ولا على ملاشائها. نعم اننا نتوصل بمعرفة نواحيها الى استعمالها لفناء اغراضنا ولكن لا يزيد عليها ولا ينقص منها الا خالفها. فبما تغيرت صور الميولي وتعددت مظاهرها فالتقوى انما تنتقل من حال الى حال بين جواهرها فتظهر حرارة وتنقلب كهربائية ثم نوراً ولم جراً باقية ماهيتها كما هي الى ما شاء باني العالم بالميولي ومدبر اموره بالقوة. انتهى



ملحق * وضعنا في صدر الكتاب صورة الآلة البخارية العالية الضغط الغالبة الاستعمال (انظر عد ٢٧٦) الاسطوانة وب غرفة البخار وس انبوبة البخار المتصلة بالخلتين ود الوالي الذي بدبر المصراع في انبوبة البخار فيجذبها نارة ويقبل مقدار البخار الداخل الى غرفة البخار ويتركها مفتوحة أخرى فيزيد مقدار البخار الداخل الى غرفة البخار وبذلك يعدل حركة الآلة وي دولاب بلف على سير من الجلد ويدار به الوالي وف الطالبين وج ركة لجعل الحركة المستقيمة في هذه الآلة مستديرة وع قضيب يصل بينها وبين قضيب المدك وه قضيب المصراع المزحلقي ويو بفحرك هذا المصراع في غرفة البخار وك مصراع الوالي وص جسر الحركة الذي تنتقل القوة منه فيحرك الدواليب المتصلة بالآلة البخارية * وكيفية عمل هذه الآلة ان البخار الداخل الى الاسطوانة ا يحرك مدكها بقوة مروته فيتحرك قضيب المدك ذهاباً واياباً ويحرك ع. وع يحرك الركة ج فتدور وتدبر جسر الحركة ص وهذا يدبر ما يتصل به من الآلات. اما الفراش الكبير المتصل

به فالغرض منه ان يجعل دوران الجسر مستديراً

متظلاً بما يكون له من قوة

الاستمرار

وكان الفراغ من تبييضه في ٢٤ حزيران سنة ١٨٨١

فهرس المواضيع
مرتب على حروف الهجاء
الارقام التي فيه تدل على الاعداد

العدد	العدد
١٧٣ و ١٦٣ و ١٥٨	الآبار الارتوازية ١٢٤
٢٩٧	الآلة البخارية ٢٧٦ اسطواناتها ٢٧٧
٩٦	" تاريخها ٢٨١ عليها وقوتها ٢٨٠
٤٦٣	الآلة المغنية من نفسها ٢٢٣
٢٠٨	آلة النار ١٨١
٤٢٥	الآلات البصرية ٢٠٩
٤١٧	الآلات المغنطيسية الكهربائية ٤٧٤
امير. قاعدة ٤٦٦ راية في المغنطيسية ٤٧٠	الآلة المغنطيسية ٤٠٥ انتكاسها ٤١٢
٥	" " ميلها ٤١٠
٢٠٥	انود. آلة ٤٦
١٤٢	الاثريه ٢٢٤
١٦	اديسن. فونوغراف (معلق) ٢٤٦
١٣	الاذن ٢٤٠
١٧	ارخميدس. ناموسه ١٣٠
٢٤	الارض مغنطيس ٤١٤
٢٢٨	ازموس السائلات ٤٠ " الغازات ٤١
٢٢٢	اسالة الاجسام ٢٥٥
٨٠	الاستاتيك. النظام ٤٦٧
ب	استعداد الطبيعة للتطريب ٢٤٣
٢٦٥	استقطاب بالانصاف ٢٠٣
٢٦٧	" بالانكسار ٢٠١ بالانكسار ٢٠٢
١٥٠	" بالانكسار المزدوج ٢٠٤
١٦٩	الاستمرار ١١
١٧٣ المعدني ١٧٢	اشباع الرطوبة للهواء ٢٨٣

العدد		العدد	
٣٥٧	تسبيل الغازات	١٧١	البارومتر. فائدة
٢٩١	تعارض الامواج ١٥٤ " النور	١٦٦	باسكال. تجرئة
٢٢	نقسية المعادن وتليينها	٢٣٤	النجار
٢٢٩	التكلم	٢٧٥	النجار المائي. قوة مرونته
٤٦٤	التليس بالكهربائية	٢٦١	بجار الماء العالي. حرارته
٤٧٨	التلغراف ٤٧٥ راقية ٤٧٧ مفتاحه	٢٥٨	النجر
٢١٦	التلسكوب ٢١٢ العاكسة	٥٤	برج يزا ٤٤ برج بولونيا
٢١٣	" الكاسرة الارضية ٢١٤ الفلكية	٢٩١	البرد
٢١٥	تلسكوب غليو	٤٢٥	البرق
٤٨٣	التلفون	٢٣١	البصر بالعينين
٤٢٨	التأثيل الراقصة	٢٢٥	البصر المجلي
٢٤٥	التمدد	٢٢٦	البصر. طول وقصره
٢٤٧	تمدد المجمامد ٢٤٦ السائلات	٢٤٧	البصريات
٢٤٨	" الغازات	٤٣١	البطارية ٤٥٠ " الليدية
١٨٥	تنالس. كاسه	٤٥٥	بطارية بنسن ٤٥٤ دانيال
٢٤٣	تندل. غناه الفرق	٤٥٢	بطارية سبي ٤٥١ كروف
٢٠٨	" . انعكاس الصوت	١٢	البقاء
٢٩٩	التيار	١٠٥	البكرة ١٠٣ المتحركة ١٠٤ المركبة
ث		٢١	البورات
٢٥١	الترمومتر ٢٥٠ الزئبقي	١٨٩	البلون الموائ
٢٥٢	ترمومتر الفقاوت	٢٢٢	البلورانا
٢٥٣	ترمومتر الاعظم والاقل	٢٠١	البولارسكوب
١٤	الثقل	٢٢٢	البياو
١٢٣	الثقل النوعي ١٢٨ استعماله	٢٥٤	البيزومتر
٢٤٩	" زجاجة ١٢٣ للغازات	ت	
٢٩٠	الثلج	٢٦٢	التغير والاسباب المجهلة
٢٢٧	القيومروب	٢٦٢	" . التبريد
ج		٧	التجزؤ
٤٤	جاذبية الانصاف ٢٥ الثقل	٢٧	الطروب

العدد	المحرقة المركبة ٧٥	الغنية ٨٤	الميكانيكية
١٢٨	جاذبية الملاصقة	٢٨	جاذبية الشعري ٢٦ العامة ٤٢
٤٦٢	المجذب والدفع بين الدقائق ٢٥	٢٥	الكهربائيان ٤٢٨ المغنطسيان ٤٠٥
٤١١	الحك	١٢٦	جرم الجسم . استعماله
٤٦٢	حل الاجسام	١	الجسم
٧٨	حل الفوات	٤٦	الاجسام الساقطة . نواميسها
٤٦١	حل الماء	١٤٩	الاجسام الصاعدة
٤٨٠	حل مجرى لمجرى	١٧٦	الجلد . ثقله ١٧٦ علوه وكثافته ١٧٧
٤٨١	حل المغنطوس للمجري	٢٥٧	جهة ظهور الاشباح
٤٠٦	الحل الكهربائي ٤٢٦	١	المجهر
٢٣٥	المخبرة	ح	الحفاظة
خ	الخزانة المظلمة ٢١٩	٤٠٩	الحالة الكروية
٢٢١	خط الاستواء المغنطيسي ٤١٢	٢٦٤	المجم . استعمال وزنه
٤١٠	والمل المتساوي	١٢٥	الحرارة . اشعاعها ٢٦٧ امتصاصها ٢٧٠
٤٥	الخط السمتي	٢٦٦	انمكاسها ٢٦٨ حملها
٢٠٧	الخطاط اللولي ٢٠٨	٢٤١	الظاهرة والمغنية والنوعية
٤٨٦	خلاصة الكتاب	٢٤٠	عديها الميكانيكي علاقتها
٢٧٨	الخلفون	٢٢٦	النور قوة الاجسام على
د	الدائرة الكلفانية البسوطه	٢٧١	اشعاعها
٤٤٧	درجة الندى	٢٦٩	على عكسها ماهيتها ٢٣٥
٢٨٤	الدقيقة	٢٤٢	المغنية . بنامها
١	الدوة المرفئة	٢٧٤	مصادرها ٢٢٧ نفوذها
١٨٦	دواليب الماء	٢٦٥	نفلا النوعية . استعمالها ٢٤٢
١٤٥	الدولاب والمجرج	٢٨٥	حرارة الهواء
٩٩	ناموس الموازنة فيها	٦٧	المحرقة ٦٥ اضدادها
١٠١	الدولاب المركب	٦٦	انتقالها ٧٢ انواعها
١٠٢	الدوي	٨٥	الدائرة ٧٩ الدائمة
٢١٠	الدياثرمية		
٢٢٤			

العدد		العدد	
١٣١	السباحة	٢٠٨	ديونيسيوس . اذنة
٢٨٧	السبكتروسكوب	٣	
٢٢٢	الستروبيسكوب	٤٢٤	ذات النقص
٢٨٨	الحجاب	٩٦	الذراع
٢٨٣	السراب	٢٢٢	ذوات الاوتار
١٠٧	السطح المائل	٢٣٠	ذوات النعم
١١١	السفون	ر	
٦٥	السكون	٤٧٧	الراقم
٢٣١	السلم الموسيقي	٨	الراي الجوهري
٢٤٢	السمع . حصوله ٢٤١ مجالة	٤٣٥	الرعد
١٩٤	السمعات	٦٢	الرقاص ٥٦ التمويضي
٢٩٥	السموم	٦٣	" فوائد ٦٣ قياس الوقت ٦٠
٢١٤	السيرين	٥٧	نواميسه
	ش	٤٢٤	رمسدن . آله
٢٢٧	الشبكة . بقاء الاثر عليها	٤٨٠	رمكرف . لنته
٢٨٢	الشفق	٢٣	روبرت . نقطة
٤٣٧	الشفق القطبي	٢٩٤	الرباج المتظمة والمختلفة
٢٩٩	الشمس الكاذبة ودائرتها	٢٩٥	" الموسمية
٤٨٢	الشمعة الكهربائية	٢٩٢	الريج
	ص	ز	
٤٧٧	الصائنة	٢٤٨	زاوية النظر
٤٣٦	الصاعقة وقضيبها	٧٠	الزخم
٢١١	الصدى	٢٩٦	الزوبعة
	صفات المادة ٢ " العامة ٤ " الخاصة ١٥	س	
٢٨٦	الصقيع	١١٦	الساثلات . انتقال الضغط عليها
١٨	الصلابة	"	تجميعها كرات ٢٠ تساوي
٢٥٦	الصهر	١١٩	ضغطها ١١٥ ضغطها
٢٣٤	الصوت ١٩٥ آلافة في الانسان	١٢٩	" قوة حملها للاجسام
٢٠٣	" استعمال البعد بسرعه		الساعات فاخرها وتقدمها ٦١ نارجيها ٦٤

العدد

طلبها السحب ١٧٩ " الضغط ١٨٠
طورشلي . عبلية ١٦٥
الطيب الشمسي ٢٨٤ " الاشعة فيو ٢٨٥
الطيارة ٧٨

ظ

الظل والظليل ٢٥١
الظواهر الجوية ٢٨٢

ع

العديسات ٢٧٥ " منافعها ٢٨١
العديسة المزدوجة التعذيب ٢٧٧
" " التعبير ٢٧٩

٦

عدم التداخل
عقاريت القنبية ١٦٠
عند الامتناز ٢٢٤ في الجرس ٢٢٧
عمق البير . معرفته ٤٨

العي اللوي - ٢٢٩
حتى الحمام ٢٩٢

العون ٢٢٢ " احكامها ٢٢٥
" ارتسام الصور عليها ٢٢٤
" صفر الصور فيها . ٢٢٠

غ

الغليان . درجة ٢٥٩
غليان الماء . درجة ٢٦٠

ف

الذادن المائي ١٢٦ " الكحولي ١٢٧
الفارك ٤٢٤
الفانوس البحري ٢٢٢
الفجر ٢٨٢
الفخذ ٩٦

العدد

الصوت . اعتقاله في السائلات والمجرامد ١٦٨
" اعتقاله في الهواء ١٦٦ انكساره ٢٠٧
" انعكاسه ٢٠٨ بالآت النسخ ٢٢٩
" تراكب امواج ٢١٧ سرعته على
الاطلاق ١٩٩ سرعته في السوائل
والمجرامد ٢٠١ سرعته في الهواء ٢٠٠

" شدته ٢٠٤ ضعفه بالانعكاس ٢٠٩
" في الفراغ ١٩٧ غرائبه ٢٤٦

الصوت الانساني . حدوته ٢٢٦ بحاله ٢٢٧
" " مداه ٢٢٨ الصوت الموسيقي ٢١٢

صفاته ٢١٢ عدد امواج ٢١٥ و ٢١٦
طول امواج ٢١٤ و ٢١٦

الاصوات . سرعتها متساوية ٢٠٢

الاصوات الملامية ٢٢٦
الصورة وراء المرآة المستوية ٢٦٠

" تعددها في مرآة واحدة ٢٦١

صور الاشباح في الماء ٢٦٢

الصور . تعددها في مرآتين ٢٦٣

الصور بالمرآة المحدبة ٢٦٨

" بالمرآة المقعرة ٢٦٦

" بالعديسة المزدوجة التعذيب ٢٧٨

" بالعديسة المزدوجة التعبير ٢٨٠

الصونومتر ٢٢٠

ض

الضباب ٢٨٧

الضغط المغنطيسي ٤٠٧

الضغط . حسابه ١٢٥

ط

الطلباء ١٧٨ " الضاغطة ١٨٧

العدد	ك	العدد	ق
١٧٠	كسوت . شلالة	١٧٠	فرير
٢٨٦	كلادني . اشكاله	٢٨٦	فرويهوفر . خطوطه
٨١	الكلفانومتر	٨١	الفل والافعال
١٦٠	كلفاني . اكتشافه	١٦٠	اللقاعة
٤٤٦	الكليد سكرب	٤٤٦	فلتا . اكتشافه ووصفه
٢٢٢	الكينجيه	٢٢٢	الفنسمغوريا
٩٦	الكهربائية . اشكالها وتاريخها ٤٠٢	٩٦	الفم
٢٢٠	على الاجسام ٤٢٢ حصرها وجمعها ٤٢٢	٢٢٠	الفوتوغرافيا
٢٤٦	" سرعتها ٤٢٩ المحبوانية ٤٨٥	٢٤٦	الذرنراف
	" ظهور نوعها مما ٤٢١ واهيتها ٤٢٠	ق	
٢٢٢	" ناموسها ٤١٩ نوعها ٤١٨	٢٢٢	القانون
٩٤	" الكلفانية ٤٤٤ الكلفانية . تأثيرها ٤٥٨	٩٤	الذبان
٢٢٢	" كينها وشدها ٤٥٦ المغنطيسية ٤٦٦	٢٢٢	القرار . متواص
٢٠٦	كهربائية الجداد ٤٢٤ " الحرارة ٤٨٤	٢٠٦	القرين السمي وقرين التكلم
٢٣	" الاحشاك ٤١٦ تأثيرها ٤٤٠	٢٣	الفساقه
٢٢٢	" " مقابلتها بالكلفانية ٤٥٧	٢٢٢	النضبان المعدنية
٤١٢	كيسلر . انابيه	٤١٢	القطبان المغنطيسيان
٢٩٩	ل	٢٩٩	القمر الكاذب ودائره
٢٩	لحم الحديد	٢٩	القنينة الليدية ٤٢٩ ايضاحها ٤٣٠
٢٦٩	لسلي . مكبة	٢٦٩	القوة ٦٨ وتأثيرها ٦٩ الجاذبه
٤٨٠	لفه الحدة	٤٨٠	الى المركز ٧٩ الحبة ٧١
٤٦٩	اللفه القنوية	٤٦٩	" الدافعة من المركز
٢٤٥	اللب الحاسة ٢٤٤ " المغنية	٢٤٥	قوة الجذب
١٠٩	اللؤل	١٠٩	قوتها الجذب والدفع
٢٩٠	لون المروثات	٢٩٠	قوة الضبط المغنطيسي
٢٨٨	الاولوان السبعة . تركيبها	٢٨٨	القوات . تركيبها ٧٦ حلها ٧٨
٢٨٩	الاولوان الثمانية	٢٨٩	قوس قزح ٢٩٥ الاصلية ٢٩٦
٤٠٠	م	٢٨٩	" الفرعية ٢٩٦ سبب استدارتها
	الماء . بعض اشكاله ومغافمو	٢٢٢	القيثار

العدد

٤٨٥ مبلت . الانكليس الكهربائي

١٦١ الهواة ١٥٧ انضغاطة ١٦٠ تردد

" ثقلة ١٥٩ ثقلة على جسد الانسان ١٧٥

" ضغطة ١٦٣ تغير ضغطو ١٦٧

" مقدار ضغطو ١٦٥ قوته على حل

الاجسام ١٦٤ مرونة ١٦٠ مفرغة ١٥٨

الموائجات ١٥٦

الموجاه ٢٩٧

الميدروستاتيك ١١٤

الميدروليك ١٢٨

هبرو . نوفرته ١٨٨

الميفرومتر ٢٨٤

و

الواقية ١٩٠

الوالي ٢٧٩

الوزن . امتزاج ٢١٩

الوزن . استعمال حمحم ١٣٥

وط . الآلة البخارية ٢٨١

ي

البنائج المنقطعة ١٨٤

العدد

١٤٤ النهر . معدل مرجعو وما يصب

٢٩٨ النود

٤٧٤ نوبلي . رصية

٢٠٠ النور ٢٤٩ " استقطابة

" امتصاصه ٢٥٤ انعكاسه ٢٥٥

" انعكاسه الكلي ٢٦٩ انكساره ٢٧٠

" انكساره في الزجاج ٢٧٣ نشرته ٢٩٤

" تعارضة ٢٩١ دخوله من ثقب ٢١٨

" مرجعه ٢٥٣ طول امواجه ٢٩٢

" المستقطب . منافعه ٢٠٦ نوايسه ٢٥٠

١٢٩ النوفرة . مرجعها

" كمية الماء المنفرغ منها ١٤١

٢٨٨ نوتون . نظاونه ٢١٦ تركيبه للالوان

" حلقائه ٢٩١ رايه في الدور ٢٤٩

٢٨١ بوبكن وكولي . آلتها

•

٤١٠ المهاجرة المغنطيسية

٢٩٩ الماله

٢٠٨ هرشل . يوحنا . انعكاس الصوت

٢٥٣ هلمهلتز . امتزاز الصوت

٢٠٩ هبلت . ضعف الاصوات بهاراً

فهرس الكتاب

صفحة

الباب الأول

٥	في المادة وصفاتها	
٧	في صفات المادة العامة	الفصل الاول
١٨	الخاصة " " "	" الثاني

الباب الثاني

٢٢	في الجاذبية	
٢٢	في قوَّيَ الجذب والدفع بين الدقائق	الفصل الاول
٢٩	في الجاذبية العامة وجاذبية الثقل	" الثاني
٤٤	في الاجسام الساقطة	" الثالث
٥٢	في مركز الثقل	" الرابع
٦٠	في الرقاص	" الخامس
٧٠	في تاريخ المعادلات	ملحق

الباب الثالث

٧٢	في الحركة	
٧٢	في الحركة والقوة	الفصل الاول
٧٩	في نواحي الحركة	" الثاني

الباب الرابع

٩٦	في الميكانيكيات	
٩٩	في الخل وتوابعه	الفصل الاول
١١٥	في السطح المائل وتوابعه	الفصل الثاني
	الباب الخامس	
١٢٢	في حفظ السائلات	
١٢٢	في الماء الساكن	الفصل الاول
١٤٨	في الماء الجاري	" الثاني

الباب السادس

١٦١	في الهوائيات	
١٦١	في الغازات ومفرغة الهواء	الفصل الاول
١٦٦	في صفات الهواء	" الثاني
١٧٠	في حفظ الهواء	" الثالث
١٧٧	في البارومتر وثقل الجلد	" الرابع
١٨٧	في الآلات الهوائية	" الخامس

الباب السابع

١٩٩	في السمعيات	
١٩٩	في الصوت وانتقاله	الفصل الاول
٢١١	في انكسار الصوت وانعكاسه	" الثاني
٢١٧	في الصوت الموسيقي	" الثالث

٢٢٥	في امتزاز الاوتار والآلما	الفصل الرابع
٢٢٦	في آلات النفخ والسلم الموسيقي	" الخامس
٢٤٢	في آلات الصوت والسمع	" السادس
٢٥٢	في غرائب الصوت والفونوغراف	ملحق

الباب الثامن

٢٥٦	في البصريات	
٢٥٦	في النور ونواميسه	الفصل الاول
٢٦٤	في انعكاس النور	" الثاني
٢٧٧	في انكسار النور	" الثالث
٢٩٢	في انحراف النور	" الرابع
٢٠٨	في استقطاب النور	" الخامس
٢١٢	في الخطاء الكروي والخطاء اللوني	" السادس
٢١٥	في الآلات البصرية	" السابع
٢٢٦	في العين والبصر	" الثامن

الباب التاسع

٢٣٥	في الحرارة	
٢٣٥	في ماهية الحرارة ومصادرها	الفصل الاول
٢٤١	في تغيير الحرارة للاجسام	" الثاني
٢٦٠	في اقبال الحرارة	" الثالث
٢٦٩	في الآلة البخارية	" الرابع
٢٧٨	في الظواهر الجوية	" الخامس
٢٩١	في بعض اشكال الماء ومنافعه	خاتمة الباب

الباب العاشر

٢٩٦	في الكهربائية	
٢٩٧	في المغنطيسية	الفصل الاول
٤١٠	في كهربائية الاحتكاك	الثاني "
٤٣٥	في الكهربائية الكثافية	الثالث "
٤٥٠	في الكهربائية المغنطيسية	الرابع "
٤٦٨	في كهربائية الحرارة	الخامس "
٤٦٩	في الكهربائية الحيوانية	السادس "
٤٧٠		خلاصة الكتاب

2271
.50515
.331

Library of



Princeton University.

Annie Rhodes Gulick
and
Alexander Reading Gulick
Memorial Fund